IVAN RUKAVINA

FIZIKA

ZA III. RAZRED GRAĐANSKIH ŠKOLA



ZAGREB 1941

FIZIKA

ZA III. RAZRED GRAĐANSKIH ŠKOLA

NAPISAO

IVAN RUKAVINA
NASTAVNIK GRAĐANSKIH ŠKOLA

OVA JE KNJIGA ODOBRENA KAO PRIVREMENA ŠKOLSKA KNJIGA ODLUKOM MINISTARSTVA NASTAVE NEZAVISNE DRŽAVE HRVATSKE BROJ 26383-1941. OD 7. KOLOVOZA 1941.

ZAGREB 1941

IZDANJE NAKLADNOG ODJELA HRVATSKE DRŽAVNE TISKARE

Kazalo

Mehanika plinova (aeromehanika)

Na dnu zračnoga mora

Svojstva plinova

Zemljina atmosfera. Čovjek živi i kreće se na dnu zračnoga mora, koje se zove atmosfera naše Zemlje. Taj se zrak probija u kuću, i pored zatvorenih prozora i vrata, zavlači se u tijelo, a utiskuje se i u krv.

Ekspanzija. Molekuli zraka odbijaju se među sobom. Navedi primjere ekspanzije (odbojnosti) plinova! Zašto se vodik, kisik i drugi plinovi ne mogu čuvati u otvorenim posudama? Zašto nemaju stalnog oblika ni stalnog obujma?

Stišljivost. Zaroni u vodu okrenutu čašu! Nešto vode ulazi odozdo i ta voda stiskava zrak na manji obujam. Plinovi su stišljivi. U nogometnu loptu, koja obuhvaća oko dvije litre običnoga zraka, možeš natiskati još dvije litre zraka, a i više.

Širenje tlaka. Pritisni dlanom običnu loptu od kaučuka. Lopta se napne, otvrdne na svakom mjestu. Pritisak ili tlak prenosi se kroz plinove na sve strane, kao i kroz tekućine.

Odskakivanje obične gumene lopte, koju bacaš o tvrdu plohu, dokazuje, da je zrak i elastičan (opružan).

Težina. Jedna litra (= 1 dm^3) običnoga zraka važe 1·3 g (točnije 1·293 g). Specifična težina zraka jest 0·0013; kako to?

Koje još plinove poznaješ, osim zraka?

Tlak zraka

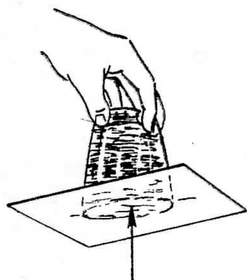
Svojom težinom pritiskuje zrak površinu Zemlje, a taj se pritisak ili tlak prenosi na sve strane.

Čašu napuni do vrha vodom, a otvor prekrij listićem papira. Pridrži listić prstima jedne ruke, čašu okreni otvorom na dolje i ukloni ruku. Voda ostaje (sl. 1.). Ne pušta je tlak zraka. Ako je umjesto čaše kakva posudica s vrlo uskim otvorom, ne treba ni papira.

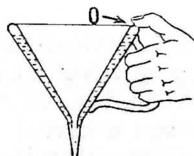
Napuni opet čašu vodom, otvor poklopi dlanom, okreni čašu pa otvor zaroni pod vodu. Makni dlan s otvora čaše! Voda iz čaše ne ispada. Zašto? Voda u okrenutoj čaši svojom težinom teži na dolje, ali joj nasuprot djeluje jači tlak zraka.

Kako bi bilo, da je čaša visoka, da je stupac vode u njoj veći? Koliki je pritisak zraka? To ćemo proučiti u narednom članku.

Vježbe. 1) Kad otvaraš posudu petroleja, ili pivsku bačvu, trebaš ih otvoriti na dva mjesta: donji je otvor, da na nj istječe tekućina, — a zašto je drugi? — 2) Kakve vještine možeš izvesti s t. zv. čarobnim štapićem i s čarobnim lijevkom? Čarobni je štapić šuplja palica, napunjena vodom; iz veoma uske rupice na kraju ne izlazi voda, nego tek onda, kad odmakneš palac s druge rupice na drugom kraju. Sličan je i čarobni lijevak (sl. 2.).



Sl. 1. U okrenutoj čaši je voda, odozdo list papira. Zašto voda ne iscuri?



Sl. 2. »Čarobni lijevak« s dvostrukim zidovima. Između njih je voda. Što će biti, kad digneš palac s otvora O?

Torricellijev pokus

Pokus sa živom. Talijan Torricelli (Toričeli, živio u sedamnaestom stoljeću) pravio je pokuse s vodom u dužim staklenim cijevima na način malo prije opisan, ali je voda ostajala i u njima. Zatim se sjetio, da mjesto vode uzme mnogo težu tekućinu: živu. Živa ima specifičnu težinu 13·6, dakle je toliko puta teža od vode. Podužu staklenu cijev, zatvorenu na jednom kraju, nasuo je živom, otvor zatvorio prstom, a cijev okrenuo i donjim krajem osovno zaronio u posudicu sa živom. Kad je maknuo prst, iscurilo je nešto žive iz cijevi (sl. 3.), a ostao stupac žive visok oko 76 cm, mjereći od donje površine do gornje. Što to znači?

Praznina u cijevi nad živom zove se vacuum (Torricellijeva praznina).

Pritisak ili tlak zraka toliki je, da drži u ravnoteži stupac žive od 76 cm (= 760 mm) visine.

Izračunaj težinu tolikoga stupca žive, ako mu je osnovka 1 cm^2! Obujam mu je 1 . 76 = 76 cm^3, a težina 76 . 13·6 = 1033 g ili 1·033 kg. Toliki se pritisak zove pritisak jedne atmosfere (= 1 atm.).

Pokus s vodom. Načelnik grada Magdeburga Guericke (Gerike), mjerio je tlak zraka stupcem vode. Voda je bila u dugačkoj uspravnoj cijevi učvršćenoj uza zid kuće. Stupac vode bio je 13·6 puta viši od živina stupca, t. j. 13·6 . 76 = 1033·6 cm, ili okruglo 10 m. Stupac vode od 10 m ima istu težinu kao i živin od 7·6 cm, uz jednake osnovke.

Zrak pritiskuje površinu Zemlje pritiskom ili tlakom od 1033 g ili okruglo 1 kg na svaki cm^2 površine (1 kg/cm^2 = 1 atm.).

Vježbe. 1) Koliki je ukupni pritisak zraka na dlan tvoje ruke, ako mu je površina 80 cm^2? (80.1 kg = 80 kg). Zašto ne osjećaš tolikoga pritiska? (Drži ga u ravnoteži jednaki, a protivni pritisak s druge strane). — 2) Zašto je živa najzgodnija tekućina za mjerenje zračnoga pritiska?

Živin tlakomjer

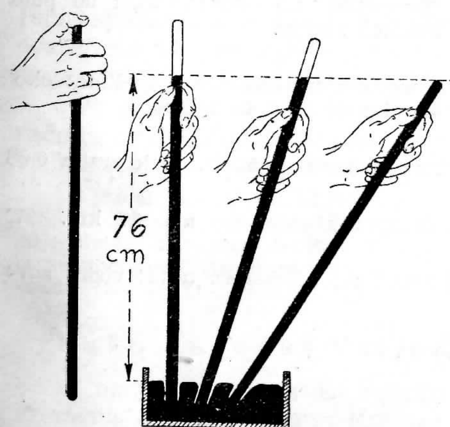
Promjene zračnoga tlaka. Zabilježi visinu žive u Torricellijevoj cijevi i pomno promatraj od vremena do vremena kroz 1 do 2 dana. Što opažaš? Stupac se žive katkad malo podigne, katkad spusti; što to znači? Tlak zraka nije u svako doba sasvim jednak na istome mjestu Zemlje. Jednako tako nije jednak ni na dva mjesta, koja se razlikuju u nadmorskoj visini. Kako to?

Zbog ovih promjena potrebna je za mjerenje zračnoga pritiska ili tlaka priručnija sprava, nego što je Toricellijeva cijev s posudicom.

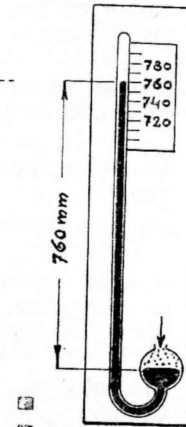
Obični tlakomjer (barometar) je staklena cijev, koja je dolje previjena na dva nejednaka uspravna kraka (sl. 4.). Šupljina je cijevi mnogo šira nego kod toplomjera. Zašto? (da se isključi preveliki utjecaj rastezanja toplinom). Duži je krak odozgo zatvoren, a kraći proširen i otvoren. Unutra je živa. Nad živom u zatvorenom kraku je vacuum. Na površinu žive u otvorenom kraku pritiskuje zrak i drži u ravnoteži stupac žive u drugom kraku. Cijev je pričvršćena uz daščicu, a na ovoj je milimetarska mjera. Visina živinoga stupca računa od površine u otvorenom kraku.

Tlakomjer bez žive

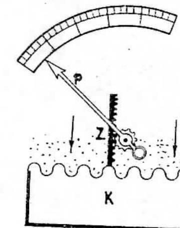
Aneroid. Ima tlakomjera i bez žive. Zovu se aneroidi. Obični se aneroid sastoji od čvrste neprodušne kutije (sl. 5., K),



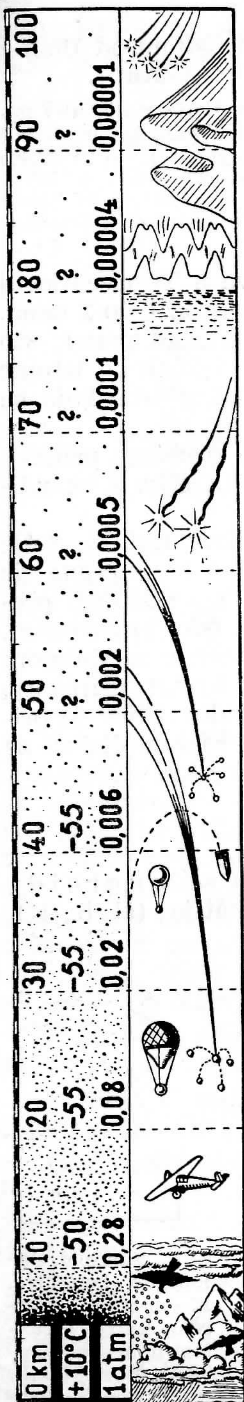
Sl. 3. Torricelli-jev pokus. Zračni tlak drži stupac žive visok 76 cm.



Sl. 4. Obični tlakomjer sa živom.



Sl. 5. Aneroid, tlakomjer bez žive. K prazna zatvorena kutija s rastezljivim poklopcem. Z zupčanik, koji prenosi kretanje poklopca na kazaljku P.



U ovoj je visini zrak još toliko gust, da se usiju čestice tvari, t. zv. krijesnice, koje ovuda projure velikom brzinom. Dokazano je, da zraka ima još i u visini od 750 km!

Polarna svjetlost (»sjeverna zora«). Vrlo razrijeđeni zrak dobar vodič elektriciteta.

Točkice pokazuju razrijeđenost zraka.

U ovoj visini opaženi su oblaci praha, što potječe od vulkanskih provala.

Visina 70 km. Temperatura nepoznata. Tlak zraka 0,0001 atm.!

U toj visini javljaju se t. zv. krijesnice. Temperatura nepoznata. U zraku sve manje kisika, a sve više dušika i vodika.

Visina 60 km. Temperatura nepoznata. Tlak zraka 0,0005 = $^1/_{2000}$ atm. Točkice pokazuju sve veću razrijeđenost zraka.

Visina 50 km. Temperatura nepoznata. Javljaju se meteori, što se raspršuju i padaju na Zemlju.

Metak dalekometnog topa: 43 km (1918. god.).

Najveća visina dosegnuta aerostatom bez ljudi: oko 37 km.

Visina 30 km. Temperatura — 55° C. Tlak 50 puta manji nego uz morsku razinu.

Najveća visina dosegnuta u aerostatu s ljudima: oko 23 km. U ovoj visini raspršuju se meteori.

Visina 20 km. Temperatura — 55° C. Tlak zraka 0,08 atm.

Najveća visina dosegnuta avionom: ako 17 km.

Granica oblaka 12000 m; atmosfera u toj visini zove se stratosfera.
Kondor 9000 m.
M. Everest 8840 m.

Orao 5000 m.
Oblaci.

Morska razina. Temperatura + 10° C; tlak 1 atm.

Sl. 6. Slikoviti prosjek kroz atmosferu naše Zemlje do 100 km visine. Počni čitati odozdo!

kojoj je poklopac od valovitog elastičnog lima. U kutiji je vacuum. Od jačega se pritiska poklopac uvija, a od slabijeg opet ispravlja. Ovo gibanje prenose zupci (Z) i polužice na pokretljivu kazaljku (P). Kazaljka se pomiče uz brojčanik. Brojevi su na brojčaniku uneseni prema visini živina stupca u ispravnom običnom tlakomjeru.

Vježbe. 1) Koje su dobre, a koje slabe strane živina barometra prema aneroidu? Koja je sprava točnija, a koja priručnija? — 2) Kako je poskrbljeno, da se ukloni uticaj temperature na stupac žive u tlakomjeru? Kod točnih mjerenja uzima se u račun i neznatno rastezanje toplinom u cijevi živina tlakomjera.

Mjerenje visina tlakomjerom

Tlakomjer na brijegu. Na podnožju brijega zabilježi stanje na dobrom tlakomjeru; zatim se penji na brijeg i opet promatraj stupac žive. Tlakomjer pokazuje manji tlak. Kako to? Nad tobom je sada manji sloj zraka, a taj ima i manju težinu. — Isto možeš opaziti već i u višekatnoj zgradi, ako odeš s tlakomjerom u podrum, a zatim na tavan.

Specifična je težina žive 13·6 a zraka 0·0013. Zrak je, dakle, (13·6 : 0·0013) oko 10.500 puta lakši od žive. Stupac zraka od 10.500 mm (= 10·5 m) ima istu težinu kao stupac žive od 1 mm (uz jednake osnovke). Zato se živa u tlakomjeru spusti za jedan milimetar ako se s tlakomjerom digneš za 10.500 mm ili 10·5 m. Po ovom pravilu možeš određivati visine bregova i visokih građevina.

Na svakih 10·5 m visine, spušta se živa u tlakomjeru za 1 mm.

Obična visina žive u tlakomjeru u morskoj razini iznosi 760 mm (»redovni ili normalni tlak«).

Gornja granica zračnoga mora. Kad bi tlak nad Zemljom imao svagdje jednaku gustoću kao i na morskoj razini, trebalo bi, da se digneš s tlakomjerom 760 . 10·5 = okruglo 8000 metara, da bi se živa spustila za svih 760 mm. U toj bi visini bila slobodna površina zračnoga mora. Ali to nije tako; zašto? U većoj je visini sve manji pritisak zraka, pa je tamo zrak zbog svoje rastegljivosti (elastičnosti) sve rjeđi. Gornja se granica zračnog mora gubi postepeno u svemirskom prostoru. Dokazano je, da vrlo razrijeđenoga zraka ima i u visini od 750 kilometara (sl. 6.).

Po pravilu »1 mm živina stupca na 10·5 m visinske razlike« računa se do 500, ili 600 m iznad morske razine. Za mjerenje većih visina uzima se u račun sve veća razrijeđenost zraka.

Vježbe. 1) Na podnožju brijega pokazuje barometar 752 mm, a na vrhu 725; kolika mu je visina? — 2) Koliki je srednji tlak zraka u mjestu, gdje živiš? Izračunaj to iz nadmorske visine svoga mjesta! — 3) Za koliko bi se podigao živin stupac u tlakomjeru, kad bi tlakomjer zaronio 1 m pod vodu? (Za 7·6 cm; zašto?).

Kako nagađaš vrijeme pomoću tlakomjera

I na jednom te istom mjestu pokazuje živa u barometru tokom vremena različnu visinu. Katkad se spusti za nekoliko milimetara (»barometar pada«), a katkad digne (»barometar se diže«). Spuštanje znači umanjivanje zračnoga tlaka, a dizanje uvećavanje. Isku-

stvo je pokazalo, da umanjivanje pritiska naviješta približavanje toplih i vlažnih gomila zraka, koje dolaze u naše krajeve sa zapadnih i jugozapadnih morskih površina. Što biva od toga u našim krajevima? Od toga nastaju oblaci i kiše. Povećavanje zračnoga tlaka naviješta dolazak suših i hladnijih gomila zraka sa sjeveroistoka, a ove razvedravaju nebo.

Vježbe. 1) Gledao si katkad na nebeskom svodu, kako se najedamput na čistini počinje stvarati oblačić. To je topliji i vlažniji zrak prispio strujanjem na hladnije mjesto, pa se jedan dio njegove vlage izlučio kao oblačić. — 2) Isto tako mogao si vidjeti, kako na nebu pomalo nestaje neki oblačić, kao da se rastapa. On se je doista rastopio u sušem i toplijem zraku. — Promatraj još te pojave!

Zrak u zatvorenom prostoru

Napon zatvorenih plinova

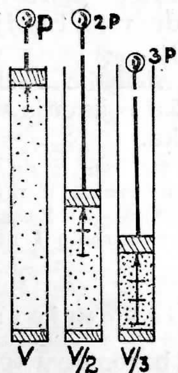
U zatvorenom prostoru izvršuje zrak pritisak ili tlak na stijene svoje posude. Taj se tlak zove napon ili napetost. Uzrok mu je u ekspanziji (odbojnosti) i elastičnosti zračnih molekula. Napon zraka u otvorenoj boci jednak je tlaku vanjskoga zraka, jer su oba tlaka u ravnoteži. — Kad zatvoriš dlanom grlo boce, odijelio si zrak u njoj od vanjskoga zraka. Napon je u boci i sada jednak tlaku vanjskoga zraka (t. j. 1 atm. = 1 kg na 1 cm²). Toliki je napon i svakoga drugoga plina u zatvorenu prostoru, kad se prilagodi tlaku vanjskoga zraka.

Što učiš na drvenoj puškarici

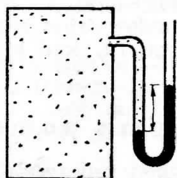
Zračna puška. U drvenoj puškarici, koja je s oba kraja zatvorena, postoji napon od 1 atm. (sl. 7.). Rini čep do polovine cijevi. Zrak se stisne na polovinu prijašnjega prostora, i sada mu je napon 2 atm. Tiskaj čep još dalje. Kad si zrak stisnuo na trećinu prostora, napon se pojačao na 3 atm. Napon je napokon toliki, da s praksom izbaci čep iz cijevi.

Boyle-Mariotte-ov zakon (Bojle-Mariot). Veličinu napona zatvorenog plina pokazuju sprave nalik živinu tlakomjeru, ili aneriodu; zovu se manometri.

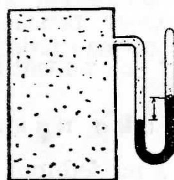
Kad stisneš plin na manji prostor, poveća se napon plina. Vrijedi i obrnuto; kaži!



Sl. 7. Kako stiskavaš zatvoreni zrak, tako raste unutarnja napetost.



Sl. 8. Otvoreni manometar sa živom.



Sl. 9. Zatvoreni manometar sa živom.

Koliko puta prostor plina stiskivanjem umanjiš, toliko mu se puta poveća napon. Koliko puta prostor uvećaš, toliko se puta napon smanji.

Ima li 1 dm³ zraka od 2 atm. istu težinu kao 1 dm³ od 1 atm.? Objasni, kako zavisi gustoća plina od obujma, pa prema tome i od napona!

Cijevni dubljinomjer je staklena cijev gore zatvorena, dolje otvorena i oteščana. Spušta se na uzici pod vodu. U dubljini od 10 m zrak se u cijevi stisne na ½, kod 20 m na ⅓ i t. d. Obrazloži! Iznutra je premaz, po kojemu se vidi, dokle je voda smočila cijev.

Vježbe. 1) Objasni djelovanje puške na stisnuti (»komprimirani«) zrak — koja služi za vježbe u gađanju! — Objasni kretanje podmorskog torpeda pomoću stisnutog zraka? — 2) Jednu litru (= 1000 cm³) običnoga zraka stisnuo si na prostor od 80 cm³; koliki je napon? Kolika specifična težina? — 3) Zašto boce u kućanstvu katkad izbacuju čepove?

Djelovanje baruta

Napon u puščanoj cijevi. Od zapaljene hrpice baruta razviju se plinovi, koji bi pod običnim tlakom zapremili 500 puta veći prostor od obujma baruta. No kad se 1 cm³ baruta zatvori upravo u toliki prostor i zapali, to je kao da si 500 cm³ plina stisnuo na 1 cm³: po Boyle-Mariotte-ovu zakonu nastaje u zatvorenom prostoru napon od 500 atm. (500 kg na svaki cm²)! Ta velika sila služi za rušenje pećina kod gradnje cesta i rovova, a izbacuje i metke iz pušaka i topova.

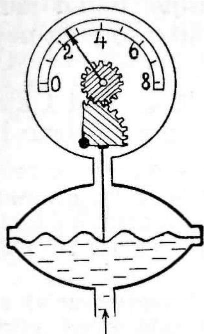
Povratni udarac. Kad iz puščane cijevi izleti metak, nestaje pritiska na otvoru, pa protivni pritisak u dnu trgne puškom unatrag: puška udari o rame, top odskoči (povratni udarac).

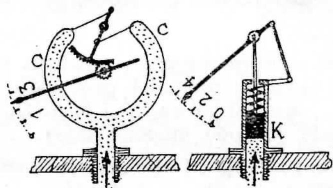
Raketa je laka dugoljasta cijev, od lima ili od čvrsta papira, na jednom kraju zatvorena i napunjena barutom, koji postepeno, ali dosta brzo izgara. Kad otvoreni kraj okreneš k tlu i zapališ, raketa se diže. Tjera je napon plina, koji se u raketi razvija i djeluje jednostrano u vis.

Vježbe. 1) Napuhni ustima dječji balončić, otvor stisni prstima, pa naglo ispusti. Balončić poskoči daleko. (Primjer za gibanje rakete). — 2) Na sličan način kreće se u vodi morska sipa pomoću ljevkaste šupljine na trbušnoj strani. Šupljina je napunjena vodom, a otvor šupljine gleda naprijed.

Manometri

Otvoreni manometar (sl. 8.) služi za mjerenje malenih napona u zatvorenoj posudi (u kotlu). To je staklena cijev, savijena u koljeno i na oba kraja otvorena. Jedan joj je krak usađen u rupu izvana na stijeni posude. Kraci moraju biti uspravni. U cijevi je živa. — Što znači, kad je živa u oba kraka na istoj visini? A što će biti, kad poraste napon u posudi? Prema razlici u visinama, određuješ napon zatvorena plina. Ako je ta razlika 38 cm (= ½ od 76 cm), onda je unutrašnji tlak za ½ atm. veći nego izvana (dakle svega:





1½ atm.). — Što znači, ako je stupac žive u usađenom kraku veći nego u onom drugom?

Sl. 10. Kovni manometar s valovitim poklopcem.

Sl. 11. Bourdonov manometar na cijev.

Sl. 12. Manometar na čep s oprugom. Pročitaj tlak!

Zatvoreni manometar (sl. 9.) posve je nalik otvorenom, samo mu je vanjski krak zatvoren, a nad živom je zrak. Služi za mjerenje većih napona. Kad se poveća napon, digne se i živa u zatvorenom kraku i stisne zrak na manji prostor; povećani napon stisnutoga zraka ne pušta, po Boyle-Mariotte-ovu zakonu, da se živa digne tako visoko kao u otvorenom manometru. Ako je zrak u cijevi stisnut na trećinu prijašnjega prostora, onda je u tom prostoru napon od 3 atm., a toliki je i u posudi s druge strane, pribrojivši još k tome i razliku visine između oba stupčića žive.

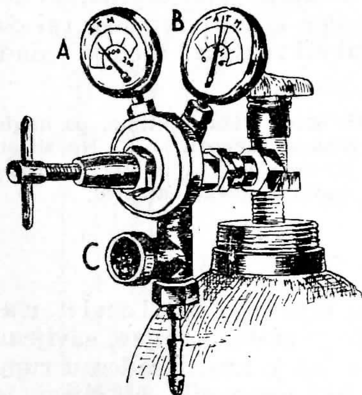
Kovni (metalni) manometri građeni su poput aneroida.

Manometar s poklopcem (sl. 10.) sastoji se od čvrste zdjelice, koja je neprodušno zatvorena valovitim elastičnim poklopcem. Unutarnjost zdjelice u savezu je sa zatvorenim prostorom, kojemu treba izmjeriti napon. Jači ili slabiji tlak prenosi poklopac na kazaljku.

Bourdon-ov manometar (Burdon; sl. 11.) sastoji se od t. zv. Bourdon-ove cijevi; cijev je od čvrstog elastičnog lima, savijena gotovo u potpuni krug i sa zatvorenim krajevima. Kad se u cijevi napon poveća, krajevi joj se razmiču, a kad se napon umanjuje, krajevi se približuju; zašto? Razlog je u tome, što ona strana cijevi, koja je dalje od središta, ima i veću površinu od druge strane, pa se protivni tlakovi ne poništavaju.

Klipni manometar (sl. 12.) ima u ravnoj cijevi klip pričvršćen na zavojitu oprugu. Klip se pomiče više ili manje na veći ili manji pritisak s jedne strane.

Zatvorene i kovne manometre



Sl. 13. Manometar A pokazuje tlak u čeličnom valjku. B pokazuje, pod kojim tlakom izlazi plin napolje. A je građen do 200 atm., B do 6 atm. C ispusni pipac.

vidiš na parnim kotlovima, na spremištima za rasvjetni plin, na čeličnim bocama za stisnuti kisik i drugdje (sl. 13.). Manometar učvršćen na stijenu podmornice pokazuje tlak vode, a po ovome se određuje dubljina, u kojoj je podmornica. Kako? Na svakih se 10 m povisuje pritisak vode za 1 atm. Brojčanik takvoga manometra pokazuje odmah dubljinu.

Vježbe. 1) List novinskoga papira savij u cijev, zatvori s jednoga kraja i previj, da bude kao Bourdon-ova cijev. Možeš to učiniti na krupno, bez zaljepljivanja! Otvoreni kraj metni na usta i puši u cijev i izvlači zrak iz nje! Taj će ti pokus objasniti Bourdon-ov manometar. — 2) Gdje si vidio manometar u upotrebi? Što znači crvena crta na brojčaniku manometra? — 3) Manometar u podmornici pokazuje pritisak vode 1·4 atm.; kolika je dubljina? (14 m; zašto?).

Čovjek prema tlaku zraka

U kesonu. Pritisni usta na kožu podlaktice i čvrsto siši. Krv probija stijenke krvnih žilica i izbija napolje; zašto?

U ronilačkim škrinjama i u kesonima napon je zraka 2 i 3 atm. Kojoj dubljini to odgovara? Pod većim pritiskom ulazi zrak u krv radnika, i to više dušik (azot) nego kisik. Taj je zrak u krvi rastopljen. Kada čovjek naglo izađe napolje na manji pritisak, počne mu se izlučivati zrak iz krvi, krv se zapjeni, mjehurići otešćaju optok krvi, pokidaju krvne žilice i drugo tkivo. Krv izbije na usta i uha (kesonska bolest). Ta bolest može i smrću završiti. U lakšim slučajevima osjeća čovjek svrbež u zglobovima i šum u glavi.

Radnike, koji rade pod povišenim pritiskom, zatvaraju, prije nego što izađu, u prigrađenu prelaznu komoricu, u kojoj se napon postepeno snizuje.

Visinska bolest. Slična se nevolja javlja i kod uspinjanja u zračne visine (visinska bolest). I rudari, kad izlaze iz vrlo dubokih rudnika, trebaju paziti, da im ne naškodi nagla promjena tlaka.

Izlučivanje mjehurića iz krvi posve je jednako izlučivanju mjehurića iz kisele vode, kad je iz sifonske boce (veliki tlak) natočiš u čašu (obični tlak).

Uz veći tlak tekućina rastapa (upija, apsorbira) i veću količinu plinova.

Vježbe. 1) Zašto zavonja voda po izljevima prije kiše i nevremena? (Smanji se pritisak, pa se izlučuju smrdljivi plinovi.). — 2) Zašto se pjeni pivo i nekoja vina (»bakarska vodica«), kad otvoriš bocu?

Ljudi u zraku

Uzgon u zraku

Kao što kamen u vodi ne pokazuje svoje prave težine, tako je, strogo uzevši, ne pokazuje ni na zraku; zašto? Po Arhimedovu zakonu tijelo u vodi gubi toliko na težini, koliko važe istisnuta voda. Taj zakon vrijedi i za svako tijelo u zračnom moru. U zraku je tijelo

za toliko lakše, koliko važe istisnuti zrak. Svaki dm³ tijela gubi u vodi 1 kg težine, a u zraku samo 1·3 g. Težinu tijela umanjuje uzgon, koji djeluje nasusret težini. Uzgon je u zraku 1·3 g na dm³ tijela. Ako je 1 dm³ tijela lakši od 1·3 g, uzgon će prevladati težinu i tijelo će se dići u zraku kao i drvo u vodi. Takvo tijelo ima i manju specifičnu težinu od zraka.

Tijelo, koje ima manju specifičnu težinu od zraka, diže se u zraku u vis. Takvi su, na pr., zagrijani zrak i plin vodik; kako ćeš to pokazati?

Vježbe. 1) Laki mjehuri sapunice, koje si napunio toplim zrakom iz pluća, dižu se pomalo u vis, kad ih pustiš sa slamke. — 2) Povećuokrenutu papirnatu vrećicu (od brašna) objesi na kraj šibe, a šibu objesi pomoću petlje od konca tako, da bude u vodoravnoj ravnoteži (sl. 14.). Pod vrećicom drži zapaljenu svijeću; što vidiš i zašto? — 3) Pod istu vrećicu puštaj vodik iz posude za razvijanje vodika! Puni vodikom mjehure sapunice (oprez od vatre!). Mjehuri se dižu. — 4) Što je teže: 100 kg željeza ili 100 kg drveta? (Određena količina drveta, koja ima na zraku istu težinu kao i određena količina željeza — bila bi teža u prostoru b e z z r a k a; zašto?

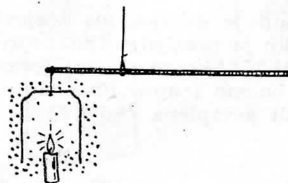
Baloni

Montgolfiera. Braća M o n t g o l f i e r (M o n g o l f i j e) načinila su godine 1783. u Francuskoj veliku loptu od platna i papira s poširokim otvorom na donjem kraju. Lopta je imala promjer od 12 m, a težinu od 220 kg. Ispod otvora zapalili su sječku od vune i vlažne slame, a lopta, ugrijana toplim zrakom i dimom, digla se visoko, čak do oblaka. To je bio prvi b a l o n (a e r o s t a t) napunjen t o p l i m z r a k o m (m o n t g o l f i e r a, sl. 15.).

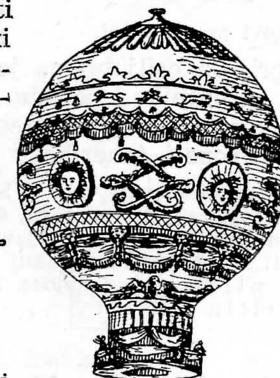
Charliera. Upravo je u isto vrijeme bio otkrit i v o d i k, — plin, koji je, pri istoj temperaturi, 14 puta lakši od zraka, a razvija se iz sumporne kiseline, kad u nju baciš otpatke željeza. Profesor C h a r l e s (Š a r l) sagradio je u Parizu veliku loptu od tkanine i napunio je do ²/₃ vodikom. Na punjenje, koje je trajalo 4 dana, utrošeno je 250 kg sumporne kiseline i 500 kg željeza. Aerostat se digao uvis na očigled silne svjetine, koja ga je pozdravljala mahanjem ruku i klicanjem, doklegod se nije izgubio u oblacima. U visini je napukla prenapuhnuta tkanina, a aerostat se, zanesen strujom, spustio kod nekog sela, 5 sati hoda od Pariza. Zaplašeni su seljaci pomislili, da je Mjesec pao na Zemlju, no kad su vidjeli, da se survano čudovište bespomoćno previja po tlu, dotukli su ga vilama i toljagama i razvukli na konjskim repovima. To je bio prvi aerostat punjen v o d i k o m (charliera).

Greeniera. Englez je G r e e n (G r i n) pokazao, da s e baloni (aerostati) mogu puniti i r a s v j e t n i m p l i n o m, što se dobiva prerađivanjem ugljena (g r e e n i e r a). Rasvjetni je plin teži od vodika, ali još uvijek skoro 2½ puta lakši od zraka, a jeftinije se proizvodi.

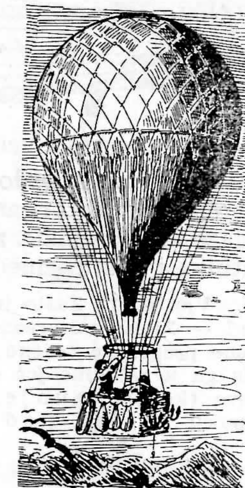
Oprema balona. Sprave, što su punjene lakim plinom i dižu se u zrak, zovu se baloni (a e r o s t a t i, sl. 16.). Baloni punjeni su obično vodikom, a katkad i rasvjetnim plinom i helijem. Balon ima oblik lopte, koja je načinjena od čvrste, a lake tkanine. Preko lopte prebačena je mreža, a o njoj visi pletena košara (g o n d o l a) za ljude i za potrebne sprave. Uz košaru su vrećice s pijeskom (b a l a s t) i s i d r o s k o n o p o m. Na tjemenu je v e n t i l, koji se otvara i zatvara uzicom. Prosipavanjem se pijeska balon olakšava, da bi se po potrebi digao u veću visinu, ili da bi se spriječilo naglo padanje. Ventilom se na tjemenu otpušta vodik. Svaka litra vodika može nositi oko 1 g, dakle se svaki kubni metar može opteretiti jednim kilogramom.



Sl. 14. Svijeća u obrnutoj papirnoj vrećici. Što će se dogoditi?



Sl. 15. Montgolfiera, prvi balon s toplim zrakom.



Sl. 16. Charliera, balon punjen vodikom.

I vodik i rasvjetni plin zapaljivi su. Zbog toga je dolazilo do brojnih nesreća. Toga nema, ako se upotrijebi helij, koji je nezapaljiv i lakši od običnog zraka. Helija ima nešto u zraku. U većoj količini izlazi na nekim mjestima iz zemlje sa zemnim plinovima.

Baloni privezani na konopu upotrebljavaju se za vojna izviđanja, a manji se puštaju u zrak sa spravama, koje same bilježe temperaturu, tlak i druge okolnosti, što vladaju u velikim visinama. Ovakvi su se uzdigli već i do 37 km iznad površine Zemlje. Što se balon više uzdiže, ovoj mu se sve jače nadimlje, dok napokon ne napukne; zašto?

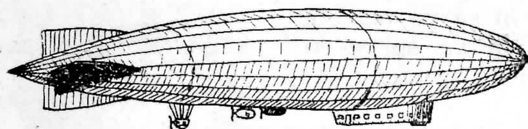
Vježbe. 1) Koliko vodika mora biti u balonu, da bi držao ukupnu težinu od 1000 kg? (Najmanje 1000 m³; zašto?). Koliki je promjer kugle od 1000 m³ obujma? (Preko 12 m). — 2) Ljudi u balonu ne osjećaju ni najjačega vjetra; zašto? (Kreću se sa strujom). — 3) U različnim visinama postoje često istovremeno oprečne struje zraka. Zrakoplovac u balonu iskorišćava onaj smjer, koji mu je povoljan; kako?

Zračni brodovi

Baloni, koji imaju vlastiti pogon i koji se mogu po volji upravljati, zovu se u p r a v l j i v i z r a k o p l o v i. Među ovima su najznamenitiji t. zv. zeppelini.

Zeppelini. Početkom 20. stoljeća počeo je graditi Nijemac Zeppelin (Cepelin) goleme zrakoplove u obliku čvrstih položitih valjaka zašiljenih na krajevima (zeppelini, sl. 17.). Trupina zeppelina ima po dužini oko 300 m, a u promjeru 30 m. Kostur mu je građen od aluminijskih greda i izvana prevučen tkaninom. Golema je šupljina razdijeljena na više neprodušnih pregradaka, koji su ispunjeni vo-

dikom ili helijem. Vodik samo podržava brod u zraku, a u vodoravnom ga smjeru pokreću zračni vijci (propeleri). Njih gone motori, što vise uz trupinu. Zeppelin se upravlja zračnim kormilima. Razvija brzinu preko 100 km na sat. Ozdo sprijeda priljubljena je uz trupinu gondola s potrebnim prostorijama za putnike i posadu. Uzduž trbuha, iznutra, nalaze se spremišta za gorivo, i druge potrebe. — Zeppelini prevoze putnike i poštu između Evrope i Amerike.



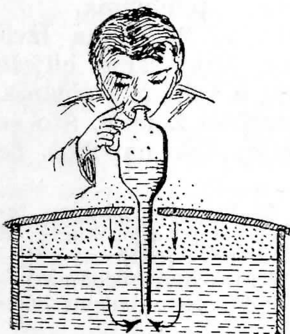
Sl. 17. Zeppelin, upravljivi zračni brod.

Vježbe. 1) Zašto ima Zeppelin oblik valjka, koji je zašiljen na krajevima? — 2) Kakve prednosti ima zeppelin od toga, što je razdijeljen na neprodušne pregratke (slično kao i veliki morski brodovi)? (Ako se prodre jedan, plin ga u ostalima još drži). — 3) Oštro razlikuj balone i upravljive zrakoplove (koji su p u n j e n i p l i n o m) od aviona ili aeroplana (koji se drže pomoću v j e t r a p o d k r i l i m a)!

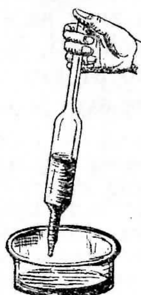
Sisaljke i štrcaljke

Teglice

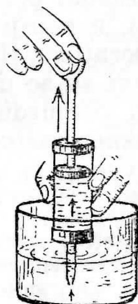
Obična teglica (sl. 18.) je kao otvorena cijev, proširena u gornjem dijelu. — Donji kraj uroni pod vodu, a na gornjem siši ustima.



Sl. 18. Obična teglica.



Sl. 19. Pipeta.

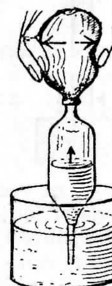


Sl. 20. Pipeta s klipom. Kako radi?

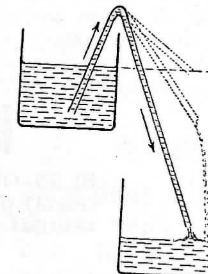
Voda se diže; zašto? Kako ćeš prenijeti punu teglicu? Zašto ne možeš sisati na vrlo tanku i meku cijev od kaučuka?

»Strah od praznine«. I u starom su vijeku poznavali teglice i druge takve sprave, ali nisu znali pravoga uzroka njihovu djelovanju. Dizanje vode u razrijeđenom zraku objašnjavali su »strahom od praznine« (»horror vacui«). Priroda se, — govorahu, — boji prazna prostora, pa ga brže bolje zatrpava vodom ili čim drugim. Istom nakon Torricellijevih pokusa upoznali su ljudi, da je pravi uzrok toj pojavi tlak slobodnoga zraka.

Pipeta. U kemiji služe za dizanje tekućina slične teglice različitih oblika: p i p e t e. Donji otvor zatvaraš p i p c e m, a ako je uzak ne treba ni to, no u tom slučaju treba gore začepiti palcem; zašto (sl. 19.)? Kod drugih sličnih sprava usisavanje obavlja klip na dršku (sl. 20.), ili gumena lopta (sl. 21.).



Sl. 21. Pipeta s loptom. Kako radi?



Sl. 22. Savijena teglica. Kako mora biti smješten krak, na koji curi?



Sl. 23. Kako će se kretati ovaj lančić prebačen preko kolešca, i zašto?

Savijena teglica (sl. 22.) previjena je cijev od stakla, ili od kaučuka i otvorena na oba kraja. — Jedan joj krak uroni u tekućinu, i potom siši na otvoru drugoga kraka, dok se ne napuni. Otvor toga kraka mora biti ispod razine tekućine. Tekućina istječe dalje sama u podmetnutu posudu. Istjecanje prestaje, kad se površina tekućine u posudi spusti do iste razine s otvorom vanjskoga kraka, ili ako taj otvor digneš do razine tekućine u gornjoj posudi. Gledaj, što biva, ako otvor digneš još na više!

Tumačenje. Tekućina je u savijenoj teglici kao klizav voden konopac, kod kojega prevladava težina u dužem kraku i zato povlači za sobom vodu u kraćem kraku. Usporedi to s lančićem, prebačenim preko koloture, dok mu je jedna strana duža, a druga kraća (sl. 23.). Tlak zraka djeluje na otvorenim krajevima teglice, sabija vodu u njoj i sprječava, da se voda u koljenu teglice ne raskine.

Savijenu teglicu upotrebljavaju za pretakanje vina i drugih tekućina, na pr. s ulice u podrum (sl. 24.).

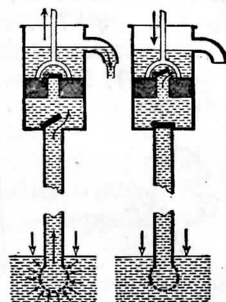
Vježbe. 1) Pokušaj sisati vodu na gumenu cijev dugačku do 2 m! Što opažaš? — 2) Pokušaj sisati živu na staklenu cijev dugačku 1 m! Do koje visine dižeš živu? — 3) Načini drvenu štrcaljku i objasni djelovanje!

Sisaljke za tekućine

Obična sisaljka (pumpa, sl. 25.) sastoji se od željezne cijevi, koja je donjim krajem uronjena u vodu. Cijev ima nad vodom pregradu s pokretljivim zaklopčićem ili v e n t i l o m, koji se otvara, kad je pritisak odozdo veći, a zatvara, kad je veći odozgo. Povrh ventila je k l i p (č e p), koji se pomoću poluge može dizati i spuštati. Klip ima u sredini rupu, koju zatvara drugi ventil, a taj se može gibati jednako kao i onaj prvi. Prostor između oba ventila zove se g l a v n i p r o s t o r sisaljke. — Kad prvim potegom dig-



Sl. 24. Pretakanje vina iz ulice u podrum.

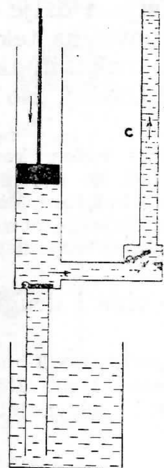


Sl. 25. Obična sisaljka za vodu. Gledaj položaj gornjeg i donjeg ventila! Protumači djelovanje!

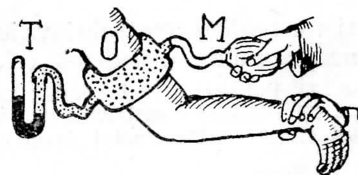
neš klip, razrijedi se zrak u glavnom prostoru, a pritisak vanjskoga zraka utiskuje odozdo vodu u sisaljku. Kad klip spustiš, voda navaljuje kroza nj. Šta će biti, kad se klip ponovno digne?

Klip sisaljke ne smije biti iznad vode, odakle se crpe, više od 7 do 8 m. Zašto ne može biti 10 m, a pogotovo ne više od 10 m? Prve sisaljke za vodu sagradio je magdeburški načelnik Guericke (Gerike) u polovini sedamnaestog stoljeća.

Sisaljka na tlak (tlačna sisaljka) (sl. 26.) građena je dijelom kao obična sisaljka, ali joj klip nije probušen. Osim toga, odvaja se od glavnoga prostora u vis pobočna cijev (C), a ova je zatvorena ventilom, koji se otvara na pritisak odozdo. Kad se klip diže, povlači vodu u glavni prostor, a kad se spušta, tiska je u pobočnu cijev do potrebne visine.



Sl. 26. Sisaljka na tlak. Klip nema ventila. Umjesto toga je postrana cijev C s ventilom.



Sl. 27. Mjerenje pritiska krvi. O šupalj ovoj, koji se čvrsto ovije oko nadlaktice. M mijeh, koji tiska zrak u ovoj, dok ne prestane kucati bilo. T manometar, koji mjeri pritisak u ovoju, a po tome i krvni tlak.

Sisaljka na vijak. Osim sisaljaka na zaklopce ili ventile, ima i drugih. Takva je na pr. sisaljka na vijak: u cijevi se brzo okreće vijak, kojemu je osovina usporedna sa dužinom cijevi, — zrak se ispod vijka razrijedi i voda navire u cijev.

Tlak krvi

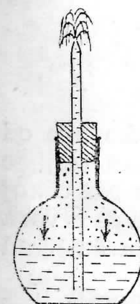
Pritisni prste na sljepočicu! Što osjećaš? Koji je uzrok kolanju krvi po krvnim žilama? Usporedi rad srca s radom sisaljke na tlak! Može li prejaki krvni tlak uzrokovati da pukne stijenka krvne žilice (u mozgu!)? Kakva je posljedica toga?

Sprava za mjerenje tlaka krvi u krvnim žilama sastoji se od šupljega gumenoga ovoja, na koji su pripojeni loptasti mijeh i manometar sa živom (sl. 27.). Ovoj oviješ oko nadlaktice osobe, kojoj želiš izmjeriti krvni pritisak, pa mijehom tiskaš zrak sve dotle, dok pritisak zraka u ovoju ne obustavi kolanje krvi u donjem dijelu ruke. To stanje raspoznaješ po tome, što ne osjećaš više kucanja bila (pulsa) na ruci osobe. Tada je krvni tlak pod ovojem u ravnoteži s pritiskom zraka u ovoju. Veličinu tlaka pokazuje ti manometar. Krvni tlak veći je od vanjskoga za kojih 120 mm žive (otprilike $^1/_6$ atm.).

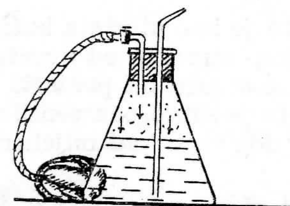
Štrcaljke

Heronova boca. Bocu nalij do polovine vodom, a kroz čep u grljku provuci do blizu dna usku otvorenu cjevčicu. Gornji kraj cjevčice neka viri iz čepa; to je H e r o n o v a b o c a (Heronov kotlić, sl. 28.). Čep namaži voskom ili lojem, da bude neprodušan. Napon zraka u boci drži ravnotežu tlaku vanjskoga zraka u otvorenoj cijevi. Ali kad snažno puhneš na otvor cjevčice, uđe unutra nešto zraka, a taj poveća unutarnji napon. Veći napon potiskuje vodu u mlaziću napolje.

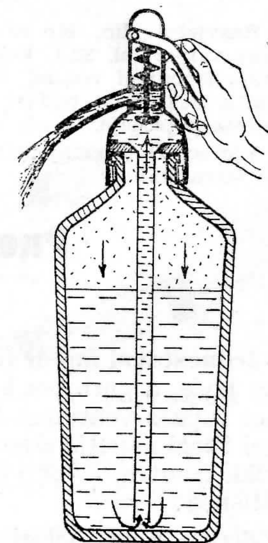
Brizgalica. Po istom je načelu načinjena b r i z g a l i c a (sl. 29.). Zrak ulazi u bocu iz lopte od kaučuka, a povećani tlak iznad tekućine u boci potiskuje tekućinu cjevčicom napolje.



Sl. 28. Heronova boca.



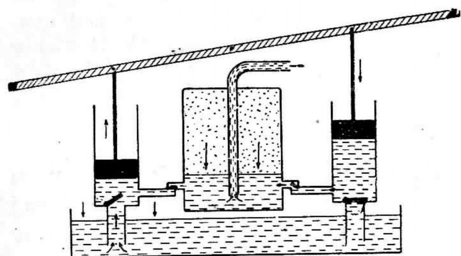
Sl. 29. Brizgalica. Gdje si slično vidio?



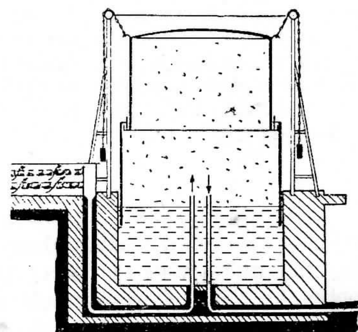
Sl. 30. Sifonska boca. Na pritisak ruke voda štrca napolje; zašto i kako?

Sifonska boca. Isto je takva i s i f o n s k a b o c a (sl. 30.), u kojoj se nalazi voda, zasićena ugljičnim dioksidom pod velikim tlakom (3—4 atm.). Tlak izvodi ugljični dioksid, što je stisnut nad vodom. Kad otvoriš ventil na boci, štrca voda napolje.

Vatrogasna se štrcaljka (sl. 31.) sastoji od dviju tlačnih sisaljaka, a ove utiskuju odozdo vodu u zatvoren čvrst kotao sličan Heronovoj boci. U kotlu je zrak, a skoro od dna diže se cijev, koja vodi van. Kad voda stisne zrak, zrak potiskuje vodu kroz cijev napolje, i to j a k i m, j e d n o l i k i m mlazom. Da nema Heronova kotla, štrcaljka bi izbacivala vodu p r e k i d i c e, na mahove.



Sl. 31. Vatrogasna štrcaljka. Desni i lijevi klip naizmjence tiskaju vodu u Heronov kotao. Odavle štrca voda neprekinutim mlazom van.



Sl. 32. Gazometar, spremište za plin (gas). Na lijevu cijev plin ulazi, a na desnu izlazi.

Plinosprema (gazometar)

Rasvjetni plin, što se dobiva od kamena ugljena, uvodi se pod velike željezne valjke (sl. 32.), koji leže na vodi, a okrenuti su otvorom dolje i, u početku, ispunjeni vodom. Plin istiskuje vodu i skuplja se u gornjem dijelu valjka, a odavle se, pod nešto povećanim tlakom, odvodi i razvodi cijevima do mjesta potrošnje.

Vježbe. 1) Nacrtaj položaj ventila i klipova u dva različna stanja vatrogasne štrcaljke!

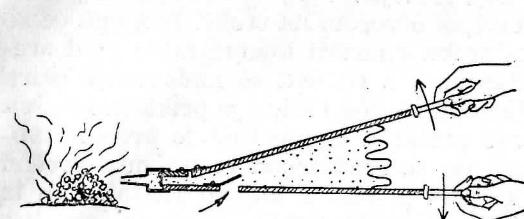
Pneumatske sprave

Mjehovi

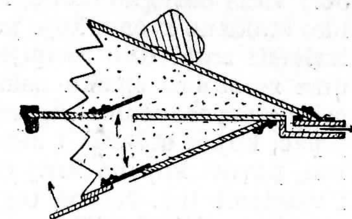
Jednostavni mijeh (sl. 33.) je kao klinasta kutija s bokovima od gipke kože, a gornjom i donjom stranom od drveta. Na donjoj je strani rupa s ventilom, koji se otvara na pritisak izvana. Na uskoj strani izlazi napolje cijev, a i ta je zatvorena ventilom, koji se otvara na tlak iznutra. — Što će se dogoditi, kad mijeh raširiš, a što, kad ga stisneš?

Struja zraka izlazi iz cijevi n a m a h o v e i njom raspiruješ vatru, raspršuješ po lozi sumporni prah i t. d.

Sastavljeni mijeh (sl. 34.) daje neprekinutu struju zraka. Sastoji se od 2 mijeha, koje rastavlja čvrsta vodoravna pregrada. Na dnu donjega mijeha i na srednjoj pregradi je po jedan otvor sa ventilom, koji se otvara na pritisak odozdo. Iz gornjega mijeha izlazi napolje cijev. — Kako radiš tim mijehom? Kad donji mijeh rastegneš, ulazi u nj zrak, a kad ga stisneš, prelazi zrak u gornji mijeh.

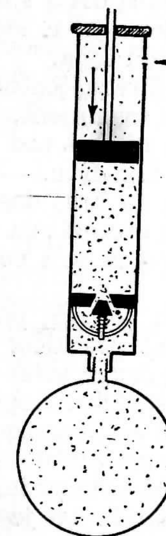


Sl. 33. Jednostavni mijeh. Što će se dogoditi, kad se mijeh raširi, a što, kad se stisne? Pazi i na ventil pri izlasku!

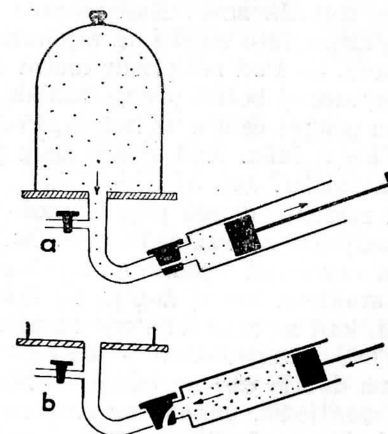


Sl. 34. Sastavljeni mijeh. Ne treba ventila pri izlasku; zašto?

Na pokrovcu je kamen, koji tišti gornji mijeh i tjera zrak na cijev napolje. Grlo cijevi treba da je uže od otvora na pregradi; zašto? I ovim mijehom raspiruju vatru, tjeraju zrak u svirale na orguljama i t. d.



Sl. 35. Kompresor utiskuje zrak u loptu ili u zatvorenu posudu. Pazi dolje na položaj ventila!



Sl. 36. Sisaljka za razrjeđivanje zraka; a) zrak iz recipijenta prelazi u cijev sisaljke; b) zrak iz cijevi izlazi napolje. Gledaj desni pipac! Lijevim pipcem puštaš, kad treba, zrak natrag pod recipijent.

Kompresor (sl. 35.) djeluje kao jednostavni mijeh, a služi za utiskavanje i zgušćavanje zraka u automobilske gume, u grijalice i slično. Sastoji se od valjkaste cijevi, u kojoj se pomiče klip. Na rupicu ulazi u cijev vanjski zrak, a klip ga kroz ventil tiska, kamo treba.

Sisaljka za razrjeđivanje

Sisaljka za razrjeđivanje izvlači i razrjeđuje zrak iz zatvorenog prostora. Ima ih različito građenih. Kod sisaljke n a p i p c e (sl.

36.) vidiš okrugao stolić, na koji stavljaš r e c i p i j e n t, t. j. oveliko stakleno zvono, koje postavljaš otvorom na stolić. Iz njega će se izvlačiti zrak. Rub recipijenta treba omazati lojem; zašto? Od sredine se stolića spušta uska šupljina, a na ovu se nadovezuje ošira cijev s neprodušnim klipom. Između stolića i klipa je prikladno bušen pipac, kojim otvaraš i zatvaraš prolaz u cijevi. Kad je prolaz otvoren, povuci klip na kraj cijevi, da se zrak ispod recipijenta proširi i razrijedi (a). Nakon toga zatvori prolaz, a klipom istisni zrak iz cijevi napolje (b). Tako to ponavljaj više puta.

Pokusi. Umjesto recipijenta metni na stolić čvrst valjak, otvoren na oba kraja. Gornji otvor poklopi dlanom. Kad se zrak u valjku razrijedi, pritisne vanjski tlak ruku na otvor. Proračunaj otprilike pritisak! Šta će biti, ako, mjesto dlanom, prekriješ otvor čvrsto ovezanim neprodušnim pergamentskim papirom (sl. 37., a)? G u e r i c k e je sastavio dvije šuplje bakrene polukugle, razrijedio između njih zrak i zapregao konje, da rastave polukugle. Polukugle su mjerile u promjeru kojih 60 cm, a nisu ih mogle raskinuti dvije sprege, u svakoj po 8 konja. To se dogodilo istom onda, kad je u svakoj spregi bilo po 12 konja. Pri tom se čuo prasak kao od topa.

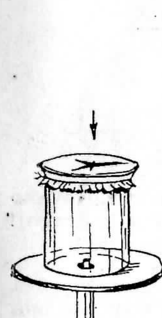
Svinjski mjehur, čvrsto svezan, napuhne se pod recipijentom, iz kojega izvlačiš zrak. Kad ponovo pustiš zrak pod recipijent, mjehur splasne. Isto vidiš i na mjehurićima sapunice u zdjelici pod recipijentom. — Pod recipijent metni aneroid i gledaj kazaljku. — Maloj Heronovoj bočici previj vanjski dio cijevi tako, da kraj dosegne do dna prazne čašice uz bočicu. Pod recipijentom se pretoči sva voda iz bočice u čašu. Kad vratiš zrak pod recipijent, vraća se i voda u bočicu; zašto? (sl. 37., b).

I različite druge pojave možeš lijepo objasniti pomoću pokusa sa sisaljkom za razrjeđivanje. Metni pod recipijent prečkicu, koju drži u ravnoteži s jedne strane kovna kuglica, a s druge strane poveća staklena lopta, šuplja no dobro zatvorena (sl. 38.). Lopta se spusti, kad se zrak oko nje razrijedi, a digne, kad se opet zgusne; zašto? U razrijeđenom je zraku m a n j i uzgon, zato tijelo većeg obujma dobije više na težini. — Metni pod recipijent čašu vode. Kad zrak razrijediš, pokažu se iznutra na stijeni mjehurići. To je zrak, koji je bio rastopljen u vodi (apsorpcija), a sad se pod smanjenim tlakom izlučio. (Sjeti se kesonske bolesti i točenja vode iz sifonske boce!) — I iz drvceta, uronjenoga u vodi, izlazi pod recipijentom zrak.

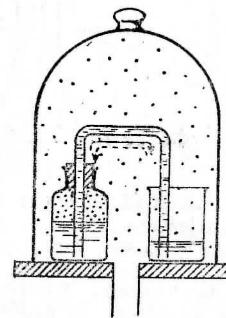
Voda, ugrijana na kojih 80° C, zavrije pod recipijentom, kad zrak dovoljno razrijediš (zašto, vidi str. 26.). — U dugoj cijevi bez zraka i perce i kamečak padaju jednakom brzinom (sl. 39.); zašto? — Zvuk zvonca pod recipijentom čuje sve slabije, što više razrjeđuješ zrak oko njega; zašto?

Pneumatska pošta

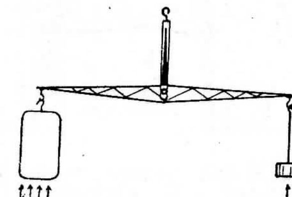
U nekim gradovima pisma i laganije omote pomoću tlaka zraka otpremaju cijevima s jednoga kraja grada na drugi. Takav uređaj zove se p n e u m a t s k a p o š t a. Cijevi su od čvrsta lima, bez oštrih zavoja, a posebna sisaljka razrjeđuje zrak u njima. Predmet, koji želiš otpremiti, zatvoriš u valjčić, a taj staviš u cijev. S jedne se strane valjčića smanji tlak, i valjčić klizi po cijevi velikom brzinom.



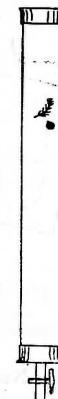
Sl. 37 a. Pergamentski papir pukne, kad ispod njega razrijediš zrak.



Sl. 37 b. Heronova bočica pod recipijentom zračne sisaljke. Što će biti, kad zrak iz recipijenta izvučeš, a što, kad ga opet napustiš?



Sl. 38. T. zv. dasimetar. Ovako stoji na običnom zraku. Što će biti, kad ga metneš pod recipijent i razrijediš zrak oko njega?



Sl. 39. Kamečak i perce padaju u prostoru bez zraka jednakom brzinom; zašto?

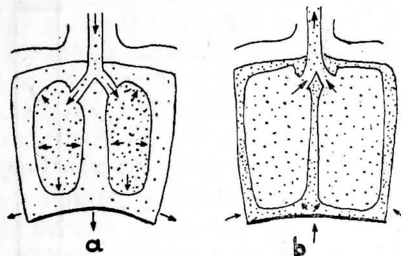
Vježbe. 1) Što opažaš, kad piješ vodu izravno iz boce? Zašto ti se grljak »prilijepi« za usnice? — 2) Kako se sipe, polipi i nekoje druge životinje prihvaćaju svojim prianjalkama za površinu kamena? — Objasni, kako djeluju gumene čaške, koje trgovac pritisne na staklo, pa o njih vješa različne predmete!

Pluća i disanje

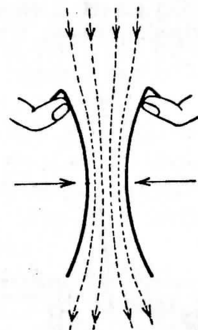
Diši lagano i pazi, kako se miče grudni koš! U gornjem su dijelu grudnoga koša pluća, a ta su puna sitnih mjehurića s elastičnim stijenkama. Dno je grudnoga koša zagrađeno čvrstom opnom, koja se zove ošit ili prečaga. Pomoću mišića, koji su pripeti uz ošit i uz rebra, grudni se koš širi i suzuje. Kad se raširi, povećaju se i pluća, pa zrak navire unutra (sl. 40., a). Kad se suzi, stisnu se, i zrak izlazi iz pluća (b).

Tlak u struji zraka

Pokus. Savij žljebasto dva lista od tvrda papira (dopisne karte, sl. 41.), pa još gornje rubove oštro nalomi, da ih možeš objesiti o prste. Obješene listove približi jedan k drugome na 2 do 3 cm razmaka tako, da su im izbočene strane nasuprot. Púši odozgo među listove! Njihovi trbusi idu jedan k drugome. Ova se pojava osniva na tome, što se pri kretanju zraka mijenja pritisak u zračnoj struji. Između listova papira prolaz se suzuje, pa se čestice zraka kreću tjesnacem većom brzinom. U prostoru, gdje je kretanje brže, smanjuje se tlak, pa vanjski veći tlak potjera listove jedan k drugome.



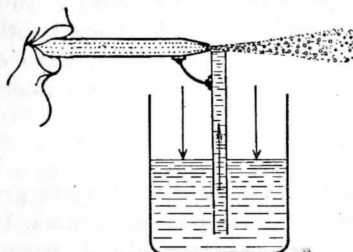
Sl. 40. Pluća i ošit (prečaga), a: pri udisanju, b: pri izdisanju.



Sl. 41. Kad pušeš među karte ovako namještene, idu one jedna k drugoj! Zašto, čitaj u knjizi!

Na rijeci. Slična pojava opaža se i u struji vode. Između dva broda, što leže jedan pored drugoga u rijeci, stiješnjen je prolaz vodi, pa ona struji većom brzinom. Zbog toga smanji se na tome mjestu bočni tlak vode, pa vanjski veći tlak potiskuje jedan brod na drugi. Tako može doći do sudara. Isto se opaža i kod jednoga broda, kad plovi uz obalu.

Zaobljenost aeroplanskih krila. Aeroplanska su krila s gornje strane nešto izbočena i zaobljena (kao i ptičja). Zbog toga, kod aeroplana u pokretu, struji zrak uz gornju površinu krila većom brzinom nego uz donju. Zato je i zračni tlak ozgo manji, a ozdo veći, pa se aeroplan lakše drži u zraku.



Sl. 42. Prskalo. Kad pušeš u vodoravnu cijev, voda se diže u uspravnoj cijevi; zašto?

Prskalo (sl. 42.) sastoji se od otvorene cjevčice, kojoj je jedan otvor sužen, a tik ispred užega otvora nalazi se otvor druge obične cjevčice, kojoj je donji kraj uronjen u tekućinu. Dok pušeš na širem kraju prve cjevčice, izlazi na uži otvor zračna struja povećanom brzinom. Kakav je tlak zraka na tome mjestu? Veći tlak odozdo tiska tekućinu u drugu cijev sve do gore. Odavle zračna struja odnosi čestice tekućine i raspršuje ih u sitne kapljice.

Gdje se upotrebljava prskalo?

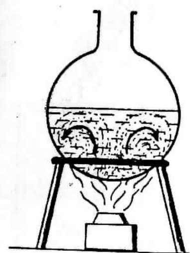
Iz nauke o toplini (kalorika)

Raznošenje topline strujanjem

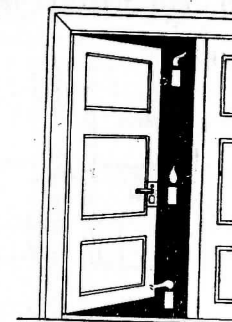
Strujanje tekućina i plinova

Strujanje vode. Grij na plamenu bocu s vodom, u koju si bacio nešto drvene pilotine (sl. 43.). Promatraj gibanje, — miješanje, što nastaje u vodi! Toplija se voda diže iz sredine u vis, a hladnija pada

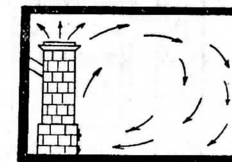
sa strana dolje. Toplija voda ima manju specifičnu težinu (zašto?), a hladnija veću. Ovo kružno kretanje, uzrokovano toplinom, zove se strujanje (cirkulacija).



Sl. 43. Strujanje vode, kad se grije odozdo.

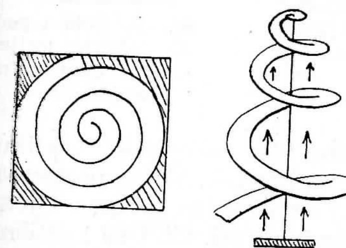


Sl. 44. Strujanje zraka između toplije i hladnije prostorije, kad odškrineš vrata.



Sl. 45. Strujanje zraka u sobi, koju grije peć.

Strujanje zraka. Zapali na stolu svjećicu i metni na nju staklo petrolejske svjetiljke, ali tako, da zrak odozdo može do plamena. I u zraku nastaje strujanje. Topao se zrak u valjku diže, a odozdo prilazi hladniji. Pokušaj da odozgo spustiš u staklo perce ili lak ostrižak papira: topla ga struja vuče u vis. Metni odozdo izvana nešto, što se dimi: dim se odozdo uvlači u staklo.



Sl. 46. »Papirna zmija« se okreće. Izreži ovako od papira, namjesti na iglu za pletenje i grij odozdo.

Odškrini vrata tople sobe i na otvoru drži zapaljenu svijeću: uz dovratak, uz prag i u sredini. Gledaj, kamo se povija plamen (sl. 44.).

Kad se tekućine i plinovi griju odozdo, nastane u njima strujanje između toplijih i hladnijih slojeva. Strujanjem se raznosi toplina (sl. 45.).

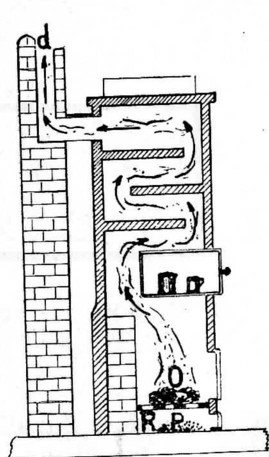
Vježbe. 1) Objasni strujanje zraka u sobi, u kojoj se loži! — 2) Izreži iz lista papira zavojitu traku (»papirna zmija«, sl. 46.), metni je središtem na iglu za pletenje (ili na šiljak olovke) i postavi nad vruću peć ili povrh plamena zapaljene svijeće. »Zmija« se okreće.

Peći i štednjaci

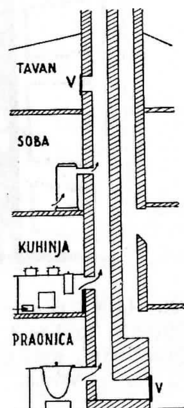
Kućne peći. Specifična toplina opeke otprilike je 2 puta veća od specifične topline željeza. Osim toga, opeka je lošiji vodič topline od željeza. Što zaključuješ iz toga, s obzirom na upotrebu zemljanih i željeznih peći?

Gdje treba prostoriju brzo ugrijati, upotrebljavaju se željezne peći, a za polaganije grijanje služe zidane ili zemlja-

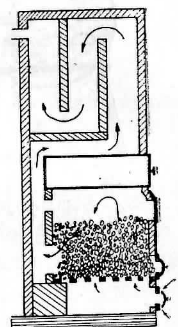
ne peći. Mjesto, gdje izgara gorivo, zove se ognjište (sl. 47., o). Ispod ognjišta je pepeljara (P), odijeljena od ognjišta željeznom rešetkom (roštiljem, R). Odozdo kroz rešetku pristupa zrak i hrani vatru. Vrući plinovi, što nastaju izgaranjem, odlaze kroz dimnjak (d).



Sl. 47. Sobna peć s vodoravnim pregradama. O ognjište, R rešetka, P pepeljara, d. dimnjak.



Sl. 48. Priključak na zajednički dimnjak. V vratašca za čišćenje dimnjaka.



Sl. 49. Sobna peć za loženje ugljenom s uspravnim pregradama.

U pećima i štednjacima nastojimo što više iskoristiti toplinu, što struji u vrućim plinovima iz ognjišta u dimnjak. To se postizava vijugastim cijevima; pregradcima nad ognjištem ili pregradcima od ognjišta do dimnjaka (sl. 47. i 49.). Slično njima se produžuje put od ognjišta do dimnjaka. Slično se postizava i pećina od kaljeva (udubljene pločice).

Sobne peći bolje su, ako su niske, a široke. Osim toga, bolje je da stoje na nožicama i da se ne naslanjaju na zid; zašto?

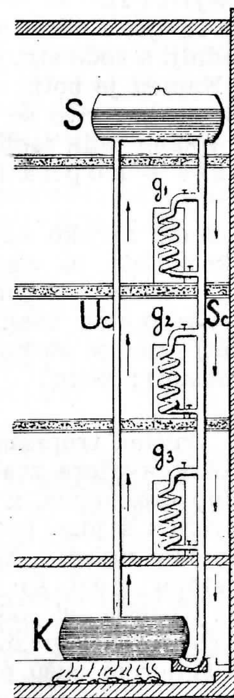
Tvorničke peći. Otvaraj i pritvaraj vratašca ispod ognjišta i gledaj, kako gori sad bolje sad lošije. Kad vatra na ognjištu tinja, pušeš, da je raspiriš. Da u peći dobro gori, mora odozdo do ognjišta prilaziti dovoljna količina zraka. Ako ga nema dosta, razvija se dim. U tvorničkim pećima često pušu zrak posebnim puhaljkama k ognjištu. — Zapali petrolejsku svjetiljku i gledaj, kako gori bez stakla, a kako sa staklom. Bez stakla se dimi, sa staklom gori bolje. Sa staklom je brže strujanje ili promaha, pa zrak obilnije pristupa plamenu. I peći se prigrađuju na dimnjake da bude jači propuh (da bolje »vuče«, sl. 48.). Tvorničke peći imaju vrlo visoke dimnjake; zašto? U visokim dimnjacima je vrlo jak propuh.

Parni kotao, gdje se razvija vruća vodena para, ugrađen je između ognjišta i dimnjaka, a kroza nj se provlače željezne cijevi. Da bi plamenovi i vrući plinovi došli do dimnjaka, moraju prolaziti kroz te cijevi. Oko njih je voda, i ova se na taj način brzo ugrije.

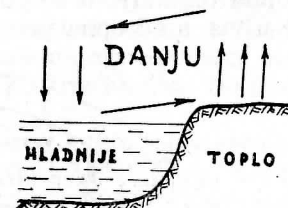
Vježbe. 1) Jedan kg koksa, kad izgori potpuno na CO_2, razvija 8000 kg-kal. topline. Pri nepotpunom izgaranju koksa razvija se CO, i dobivaš samo 2500 kg-kal. Nepotpunim se izgaranjem u peći gubi, dakle, jedan dio goriva kroz dimnjak! Gdje ima pregradna ploča između peći i dimnjaka, zatvori prolaz istom onda, kad je izgaranje na rešetki svršeno. — 2) Dimnjaci su izum iz početka srednjega vijeka! Zašto visoke tvorničke dimnjake grade oblo, a ne na uglove? Pokušaj izračunati: treba li više opeke za dimnjak jednakoga presjeka, jednake dužine i debljine, — kad se gradi u okrug, ili na četiri ugla! — 3) Mangal je otvorena prenosna pećica, kojom se zimi vani griju prodavači. U sobama se ne smije upotrebljavati; zašto? (Opasnost otrovanja plinom!).

Središnje grijanje

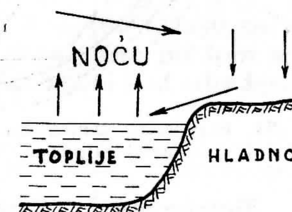
Grijanje na toplu vodu. Strujanje tople vode služi za grijanje zgrada. Za cijelu je zgradu jedno ognjište, odakle topla voda raz-



Sl. 50. Grijanje vrućom vodom. K kotao, pod kojim se loži, Uc uzlazna cijev, S spremište na tavanu za nadolijevanje vode, g_1, g_2, g_3 cijevi za grijanje po sobama, Sc silazna cijev.



Sl. 51. Vjetrić s vode.



Sl. 52. Vjetrić s kopna.

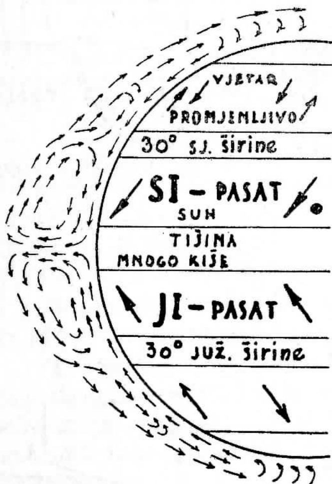
nosi toplinu cijevima u prostorije, kamo treba (zato: središnje ili centralno grijanje, sl. 50.). Kotao i sve cijevi napunjene su vodom. U zatvorenom kotlu u podrumu drži se voda na 60° C. Voda se uspravnim cijevima diže u vis. Od silazne se cijevi odvajaju vijugasti ogranci po svim sobama. U tim odvojcima (radijato-

r i) voda predaje toplinu okolini, ohlađuje se i spušta na niže, sve do kotla u podrumu. Pipcima možeš pojedine odvojke zatvoriti potpuno ili samo napola, i time više ili manje isključiti pojedine sobe iz središnjega grijanja. Na tavanu je s p r e m i š t e, iz kojega se cijevi pune vodom, a služi i kao prostor, u kom voda nalazi oduška pri rastezanju.

Grijanje na topli zrak. Ima sličnih uređaja i s toplim zrakom i vodenom parom. U velikim stanbenim zgradama može imati i svaki kat (etaža) svoje odjelito grijanje (e t a ž n o g r i j a n j e).

Raznošenje topline u prirodi

Vjetrovi. Uz morske obale ili uz jezera opaža se ljeti gotovo svakoga dana lagano strujanje zraka: v j e t r i ć ili v j e t a r. Obdan se stijenje i kamenje na kopnu brzo ugrije, a od njih i zrak. Topliji se zrak nad kopnom diže u vis, a hladniji s vode struji prema kopnu: v j e t r i ć s m o r a (sl. 51.). — Kamen je bolji vodič topline i ima manju specifičnu toplinu nego voda, zato se po noći kopno ohlađuje brže od vode. Zrak je nad vodom tada topliji i diže se u vis, a s kopna pritječe hladniji: v j e t r i ć s k o p n a (sl. 52.).



Sl. 53. Strujanje zraka na zemaljskoj kugli.

Golemo azijsko kopno grije se kroz ljeto, pa vjetar s Indijskog oceana velikom žestinom puše prema obali (ljetni monsun); zimi je obrnuto (zimski monsun); zašto?

U vrućim, tropskim krajevima oko ekvatora zrak se neprekidno diže u vis, a hladniji sa sjevera i s juga pritječe na ispražnjeno mjesto. Tako nastaju stalni g o d i š n j i v j e t r o v i (pasati, sl. 53.); njih iskorišćuju brodovi na jedra. Kojim smjerom pušu pasati na sjevernoj, a kojim na južnoj polukugli? (Gledaj sl. 53.).

Morske struje. Zbog nejednake topline morske vode između zemaljskih polova i Zemljina ekvatora, nastaje u oceanima i s t r u j a n j e v o d e. Najznatnija je topla G o l f-struja, što ide od Srednje Amerike pa ukoso preko Atlantika k sjeverozapadu Evrope. Kretanje morskih struja pomažu još i stalni vjetrovi, ishlapljivanje vode s velikih površina i utjecanje velikih rijeka.

Vjetrovi i morske struje raznose toplinu iz toplih krajeva u hladnije. Oni djeluju kao prirodni uređaj za s r e d i š n j e g r i j a n j e z e m a l j s k e k u g l e.

Vježbe. 1) Kakvi vjetrovi pušu u našim krajevima? Što znaš o postanku bure, i drugih vjetrova? — 2) Zašto ribar na moru učvršćuje pomoću sidra ili kamena barku, iz koje pušta udice (povraz)? (Da je ne odnese morska struja).

Pretvaranje tekućina u pare

Vrenje tekućinâ

Vrenje vode. Grij vodu u staklenoj tikvici (boci). Što opažaš? Javlja se strujanje, voda postaje sve toplija. Kad se dobro zagrije, čuješ slabašno udaranje, koje postepeno prelazi u šum i zujanje. S dna se otkidaju mjehurići, ali još ne dopiru do površine. Griješ li i dalje, zujanje prestaje, mjehurići postaju krupniji i brojniji i dižu se do površine vode. Napokon se voda žestoko uskomeša, iz cijele unutarnjosti obilno iskakuju vrući mjehuri: v o d a v r i j e (kipi, ključa). Toplomjer pokazuje 100° C. Iz tikvice voda pomalo nestaje: t e k u ć a v o d a p r e l a z i u p a r u, a ova se kao plinovita tvar razlazi po zraku.

Vodena para. Što vidiš u tikvici nad površinom vode, koja vrije? Ne vidiš ništa. **Vodena je para nevidljiva (providna).** Istom, kad izađe iz tikvice i dođe u doticaj s hladnijim zrakom, zgusne se u bijelu maglu, ali to sada već nije para nego vrlo sitne kuglice tekuće vode.

Dok voda vrije, ne postaje ništa toplija, ma kako jako grijao tikvicu. Uvjeri se o tome prikladnim toplomjerom! Sva toplina, koju prima, troši se na rastjeravanje molekula vode, t. j. na pretvaranje tekuće vode u paru. Da s e 1 kg v o d e o d 100° C p r e t v o r i u p a r u o d 100° C, t r e b a 536 k i l o g r a m - k a l o r i j a.

Čim vodu, koja kipi, odneseš s vatre, ili pogasiš vatru ispod nje, prestaje vrenje, a temperatura se lagano snizuje.

Vrenje alkohola. Metni u vrelu vodu kušalicu (epruvetu) s alkoholom! Pazi, da ne bude u blizini vatre ni plamena (zašto?)! Kad se dovoljno ugrije, alkohol počinje vreti uz obilno razvijanje mjehurića alkoholnih para! Toplomjer pokazuje 78° C.

Kod vrenja tekućine se naglo isparivaju, t. j. pretvaraju se u svojoj unutarnjosti u plinovite tvari, koje se zovu pare; pri tom se troši toplina. Svaka tekućina vrije uz obačni tlak zraka kod određene temperature, koja se zove v r e l i š t e.

Vježbe. 1) Kad zavrije na vatri voda s hranom u loncu, ne treba dalje mnogo ložiti, nego samo toliko, da se održi vrenje. To osobito vrijedi za kuhanje na plinu (velika ušteda!).

Vrelište nekojih tekućina

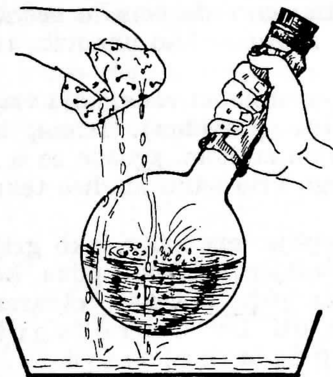
Amonijak vrije kod	— 39° C		morska voda vrije kod		104° C
eter	,,	+ 35° C	petrolej	,,	170—300° C
alkohol	,,	78° C	živa	,,	357° C
benzol	,,	80° C	sumpor	,,	445° C
benzin	,,	70—150° C	cink	,,	918° C
čista voda	,,	100° C			

Masti i ulja *ne mogu* se zagrijavanjem dovesti do vrenja. Kod temperature oko 300° C počinju se kemijski raspadati.

Vrenje pod smanjenim tlakom

Vrenje vode ispod 100° C. U staklenu tikvicu nalij vode, otprilike do polovine, i pusti, da voda vrije neko vrijeme. Kad su vodene pare istjerale sav zrak iz tikvice, makni je s vatre, i grljak odmah dobro zatvori neprodušnim čepom. Vrenje prestaje, voda se ohlađuje. Sad oblijevaj hladnom vodom onaj dio tikvice, u kojemu su pare (sl. 54.). Iz vode se počnu *ponovo* dizati mjehuri: voda vrije i uz temperaturu nižu od 100° C!

Tumačenje: Kad si ohladio vodene pare u tikvici, zgusnuo se dio para, i u tikvici se smanjio tlak na površinu vode.



Sl. 54. Voda u zatvorenoj tikvici vrije ispod 100° C, kad tikvicu obliješ hladnom vodom; zašto?



Sl. 55. Papin-ov kotao, u kojemu se voda može zagrijati iznad 100° C; zašto? V ventil sigurnosti, T toplomjer.

Na slobodnom zraku (t. j. *uz tlak od 1 atm.* = 1 kg na cm^2) *vrije voda na 100° C, a pod smanjenim tlakom vrije uz nižu temperaturu.*

Mjerenje visine bregova — toplomjerom. Može li se još kako postići smanjenje pritiska osim ohlađivanjem vodenih para u zatvorenoj tikvici? Može na visokim bregovima.

Na visokim bregovima vrije voda u otvorenu loncu na temperaturi nižoj od 100° C, jer je tamo tlak zraka manji od 1 atm.

Tako na pr. vrije voda u otvorenoj posudi:

na visini od	170 m		kod	99·8° C
„	520 „		„	98·3° „
„	1300 „		„	96° „
„	1750 „		„	93·9° „
„	2300 „		„	93° „
„	2500 „	(Sv. Bernard)	„	92° „
„	4800 „	(Mont-Blanc)	„	84° „

Potraži na zemljovidnoj karti mjesta, koja odgovaraju navedenim visinama i pripiši ih u popis!

Prema tome možeš s dobrim toplomjerom uspoređivati nadmorske visine. Gdje u otvorenoj posudi vrije voda uz nižu temperaturu, ono je mjesto više.

Vrenje pod povećanim tlakom

Na Mount Everestu. Prigodom nekoga pokušaja planinara, da se uspnu na Mount Everest, zagrijao je jedan od njih na visini od 8000 m vodu u otvorenoj posudi, da skuha čaj. Čaja nije mogao skuhati, jer voda nije bila dosta vruća, i kad je metnuo ruku u tekućinu, koja je vrela, nije se opario.

Papinov lonac. Da bi meso i varivo omekšalo i da bi postalo dobro za jelo, treba da se duže vremena kuhaju u vodi od 100, ili više stupnjeva Celzijevih. Na visokim se planinama meso ne može dobro skuhati u otvorenom loncu; zašto? Tamo je potreban *Papin-ov* (Papen) *lonac*, t. j. kotlić dobro zatvoren čvrstim poklopcem, da vodene pare, koje se razvijaju iz vode, ostaju zatvorene i da postepeno povećavaju tlak na površinu vode (sl. 55.). U takvu je loncu tlak veći od jedne atmosfere. *Uz tlak veći od 1 atm. treba vodu zagrijati na više od 100° C, da vrije.*

U tvornicama alkohola raskuhavaju sirovine (kukuruzu, krumpir) u kotlovima pod većim tlakom. U sličnim kotlovima kuhaju hranu za blago, raskužuju rublje i slično.

Sigurnosni ventil. Na poklopcu Papinova lonca je rupica, koju zatvara kovinski (metalni) čep pritisnut opterećenom polužicom. Kad je napon pare tolik, da prijeti pogibelj, da se lonac rasprsne, odigne para čep i struji napolje. To je *sigurnosni ventil* (v); imaju ga i parni kotlovi.

Vježbe. 1) Zašto lonce, u kojima se kuha, pokrivamo poklopcem?

Ishlapljivanje

Iskustva i pokusi. Zemlja se iza kiše ljeti brzo osuši. Što to znači? *Voda se pretvara u pare i kod obične temperature. Pretvaranje u pare kod obične temperature zove se ishlapljivanje.*

Čašu vode nalij u tanjur, isto toliko vode ostavi u čaši, pa neka stoji jedno pored drugoga nekoliko dana. Koja će voda brže ishlapiti? Ona, koja ima veću površinu.

Kod ishlapljivanja pretvara se tekućina u svoje pare pri običnoj temperaturi; pare se dižu samo s površine tekućine.

Što ubrzava ishlapljivanje. Zemlja se osuši iza kiše brže ljeti nego u jesen. Zaključak?

Zašto mokro rublje razastiru kod sušenja? Zašto kaplja vode na stolu brže ishlapi, kad je rastareš na veliku površinu, nego kad je ostaviš? — U morskim solanama napuštaju slanu vodu u široka, a plitka polja: tamo se voda ishlapi, a sol se istaloži. U hladnijim krajevima dobivaju sol iz slane vode tako, da slanu vodu puštaju lagano prokapljivati kroz položene snopove šiblja; zašto? (velika površina).

Kad je vjetar, zemlja iza kiše osuši se veoma brzo. Isto je tako i s razastrtim mokrim rubljem — ljeti ili zimi. Kako to? U mirnom zraku ili u zatvorenom prostoru zrak se u dodiru s vodom zasiti vodenim parama, pa se nove pare teže razvijaju. Na vjetrovitom vremenu zasićeni zrak odlazi s vjetrom, pa se s vode mogu uzdizati nove pare.

Ishlapljivanje je to brže, što je viša temperatura, što je veća površina vode i što je veća promaha.

Trošenje topline. Smoči ruku i maši njom po zraku! Voda ishlapljuje, a na ruci osjećaš hladno. Razlij po ruci nešto benzina ili alkohola. Ove tekućine brže ishlapljuju, pa osjećaš, kako te još više hlade.

Na ishlapljivanje se troši toplina, a nju oduzima tekućina svojoj okolini.

Zašto možeš, znojan ili u mokru odijelu, i ljeti nazepsti? Zašto treba da se čuvaš propuha? Pokisle ili uznojene konje otari slamom i pokrij lakim pokrivačem; zašto?

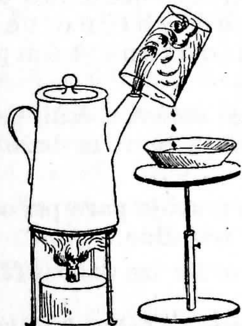
Vježbe. 1) Zašto zatvaramo čepom boce, u kojima je kakva tekućina, osobito alkohol, petrolej, benzin? — 2) U slaništima uz obalu Italije ishlapi kroz dan 15 do 18 cm vode. — 3) Zašto se brže osuši crnilo na listu papira, kad mašeš njim po zraku? — 4) Zašto pušeš u vruće mlijeko, kad ga srčeš? — 5) Pitka voda ostaje u boci dulje hladna, ako bocu prekriješ mokrim rupcem; zašto? — 6) U šupljikavim nepocakljenim zemljanim posudama (španjolski vrčevi) probija se pomalo voda i moči vanjsku stranu stijene; od toga ostaje voda u posudi dugo hladna; zašto?

Zgušnjavanje para u tekućinu

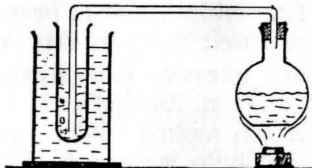
Prekapljivanje

Zgušnjavanje. Nad vodom, koja vrije, drži hladnu čašu (sl. 56.). Vruće se pare na njoj ohlađuju i z g u š n j a v a j u (k o n d e n z i r a j u) u kapljice čiste vode.

Kod grijanja zgrada vodenom parom pušta se para iz kotla kroz cijevi po sobama. Tu se para zgušćuje i predaje oslobođenu toplinu okolini. Nastalu vodu odvode druge cijevi natrag u kotao.



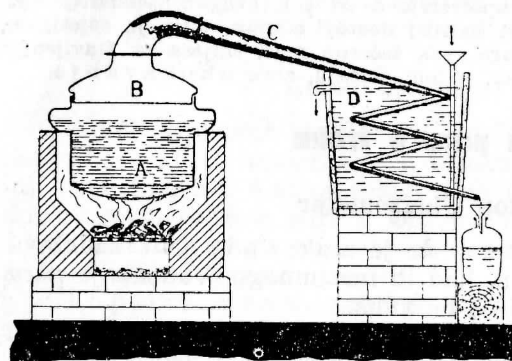
Sl. 56. Vodene pare zgušćuju se na hladnoj čaši u kapljice vode.



Sl. 57 Prekapljivanje vode namalo.

Nalij u staklenu tikvicu nešto vode, koju si zasolio i zacrnio mastilom! Tikvicu začepi, a kroz čep protakni staklenu cijev ; ova neka je podugačka i tako povijena, da joj drugi kraj svršava u uskoj čaši, oko koje je voda (sl. 57.). Zagrij vodu u tikvici do vrenja i gledaj, kako se pare na kraju cijevi zgušćuju! U čašicu kaplje č i s t a voda. Ona je bezbojna, a kad se ohladi, možeš je i piti, — nije ni slana. Talog soli i druge primjese zaostale su u tikvici. Ovako dobivena voda zove se d e s t i l i r a n a v o d a (aqua destillata).

Prekapljivanje (destilacija) vode naveliko izvodi se u posebnim spravama. Voda se grije do vrenja u zatvorenom k o t l u (sl. 58., A), koji je pokriven kapkom (B). Iz kapka odvode se pare savijenom c i j e v i (C) kroz h l a d i l o (D). Na kraju istječe destilirana voda. Destiliranu vodu troše ljekarnici za priređivanje lijekova. — Na brodovima ima također sprava za destilaciju morske vode za slučaj, da ponestane pitke vode.



Sl. 58. Destiliranje vode naveliko. A kotao, B kapak, C cijev, D hladilo s hladnom vodom.

Prekapljivanje benzina. U čistionicama odijela peru čitava odijela u benzinu, da bi ovaj iz njih izvukao mast i drugu nečist. Onečišćeni benzin, nakon toga, čiste destilacijom, da bi se mogao ponovo upotrijebiti.

Vježbe. 1) Koja je voda u prirodi najbliža destiliranoj vodi? Kakvu vodu radije upotrebljavaju za pranje: kišnicu, riječnu ili bunarsku vodu?

Razlučno prekapljivanje

Pečenje rakije također je prekapljivanje. Provrela šljiva sastoji se uglavnom od smjese vode i alkohola. Smjesu l a g a n o zagrijavaju (zašto?), a alkoholne pare odvode kroz cijevi, gdje se ohlađuju i zgušćuju. Tako se odijeli alkohol od vode. U dobivenom alkoholu ima dosta i vode, pa ako je potrebno, provode i po drugiput ovakovo prekapljivanje (prepečena rakija; konjak).

Iz smjese od više različnih tekućina odjeljuju jednu tekućinu od druge laganim zagrijavanjem tako, da se najprije razvijaju i zgušćuju pare one tekućine, koja ima najniže vrelište, i tako redom. Taj se postupak zove r a z l u č n o p r e k a p l j i v a n j e (frakciona destilacija).

Razlučnim prekapljivanjem odjeljuju iz nafte benzin, petrolej, plinsko ulje i t. d. I iz tekućega zraka uklanjaju razlučnim prekapljivanjem dušik (azot); ovaj se isparuje kod —195^{0} C, a kisik kod —182^{0} C.

Vježbe. 1) Kako se dobiva »ljuta rakija«? — 2) Što ti je poznato o priređivanju konjaka, ruma, ružina i ružmarinova ulja?

Vacuumsko prekapljivanje

Pošto se iz nafte odijele razlučnim prekapljivanjem benzin, petrolej i plinsko ulje, zaostaje u kotlu gusta smjesa teških ulja. Ta se ulja razlučuju posebnim postupkom, koji se zove vacuumsko prekapljivanje. Vacuumsko prekapljivanje vrši se u zatvorenim kotlovima, koji su spojeni sa sisaljkama za razrjeđivanje. One razrjeđuju zrak u kotlovima i povlače pare teških ulja. Na taj se način snizuje tlak nad tekućinama i ulja vru kod niže temperature. Uz obični tlak ne mogu se ta ulja prekapljivati, jer ih viša temperatura kemijski razgrađuje prije nego što počnu vreti.

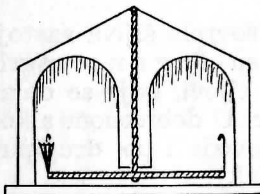
Vacuumsko prekapljivanje upotrebljava se i u drugim industrijama, osobito gdje treba oduzimati vodu kakvoj gustoj otopini, koja je osjetljiva prema utjecaju povišene temperature (sok šećerne repe, smjesa za štavljenje u tvornicama tanina). Taj se posao, u tom slučaju, zove ukuhavanje.

Vodena para u zraku

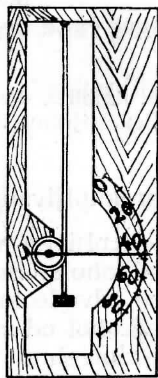
Higroskop i higrometar

Higroskopna tijela. Kažemo, da je zrak suh, kad sadržava malo vodenih para, a vlažan, kad ih ima mnogo. Vodena je para u zraku rastopljena, pa je ne vidiš.

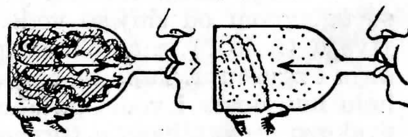
O čavao na zidu priveži suhu uzicu (»špagu«) od 1 do 2 m dužine; na donji kraj priveži kamečak, pusti, da se smiri i zabilježi, dokle se spustila. Sad ovlaži uzicu mokrim prstima. Uzica se produžuje i odvija. — Tumačenje: Struna, kosa i biljna vlakanca imaju svojstvo, da navlače (upijaju) vodenu paru iz zraka i od toga se produžuju. Takva se tijela zovu higroskopna tijela.



Sl. 59. Higroskop. Kad izađe iz kućice kišobran: zrak vlažan; kad izađe palica: zrak suh!



Sl. 60. Higrometar od vlasi, koja se produžuje na vlažnom zraku.



Sl. 61. Magla u boci. Kad vučeš u se, u boci se zamagli; kad zrak stisneš, »razvedri« se. Kako i zašto, čitaj u knjizi!

Vlagokaz (higroskop) u obliku kućice (sl. 59.) ima gore učvršćenu žicu sukanu od goveđega crijeva, a o njoj visi laka vodoravna prečkica. Kad je zrak vlažan, upija žica vlagu i odsukava se, a na suhu se zraku opet usukava. Pokaži na drvcetu, privezanom na uzici, kako to djeluje na kretanje prečkice! Po položaju prečkice zaključuješ samo na stanje vlage u zraku, a nikako na to, kakvo će biti vrijeme.

Vlagomjer (higrometar) je sprava, koja pokazuje stanje vlage u zraku točnije od vlagokaza (sl. 60.). Sastoji se od dugačke vlasi, koja visi, otešćana lakim utegom. Donji joj je kraj omotan oko vodoravne okretljive osovine s kazaljkom. Kad je u zraku više vlage, vlas se produžuje, a kad je manje, skraćuje se. Od toga se osovina okreće, a kazaljka pokazuje na brojčaniku stanje vlage u zraku (»100%« znači zrak zasićen vodenom parom).

Vježbe. 1) Što ti još odaje vlagu u zraku, osim vlagokaza i vlagomjera? (Kamena se soi smoči; mnogi se cvjetovi zatvaraju pred kišu). — 2) Zašto ne smiješ prevrtati žito u hambaru po vlažnom ili kišnom vremenu?

Koliko ima vlage u zraku

Puhni na hladno staklo! Što opažaš? Staklo se orosilo tankom naslagom vode. U zraku, što ga izdišeš iz svojih pluća, ima nevidljivih vodenih para. Kad se takav zrak dovoljno ohladi, prelazi jedan dio njegovih vodenih para u kapljice vode.

Zašto ti se magli pred nosom za vlažna i hladna vremena? Zašto se ne magli na toplom i suhom?

Topliji zrak može rastopiti više vodenih para nego hladniji.

Zasićenost. Zrak je zasićen vodenim parama, ako ih više ne može primiti u se.

1 m³ zraka može držati najviše:

kod	— 10° C	2·1 g vodenih para	„	+ 15° C	12·8 g vodenih para
„	— 5° C	3·2 g „ „	„	+ 20° C	17·3 g „ „
„	0° C	4·8 g „ „	„	+ 25° C	23 g „ „
„	+ 5° C	6·8 g „ „	„	+ 30° C	30·4 g „ „
„	+ 10° C	9·4 g „ „			

Ohladi li se zrak, koji je zasićen vodenim parama, od, na pr., 25° C na 20° C, izluči svaki m³: 23—17·3 = 5·7 g vode u obliku magle, rose ili kiše.

Važnost vodene pare u prirodi. Vlažan zrak prenosi s mora na kopno veliku količinu topline, koja je utrošena na ishlapljivanje. Vodena se para u zraku hvata za čestice prašine, pepela, dima i za bakterije, što lebde u zraku i otešćava ih, pa se one spuštaju na zemlju. Što je zrak vlažniji, to bolje čuva, da se zemlja preko noći suviše ne ohladi.

Vježbe. 1) Pusti kap vode na usijanu ploču štednjaka! Voda se skupi u kuglicu i dugo igra po ploči. Na manje vrućoj ploči prije se ispari; kako to? (Na usijanoj ploči kuglica je ovijena plaštem pare, a ta je loš vodič topline pa ne propušta toplinu od usijane ploče ka kuglici). Slično i vlažniji zrak nad zemljom čuva zemlju, da se preko noći suviše ne ohladi.

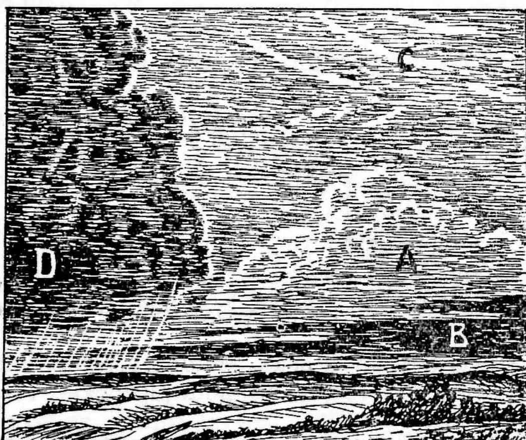
Magla i oblaci

Ohlađivanje zraka. Zrak, koji se toliko ohladi, da više ne može držati svu svoju vodenu paru, izlučuje jedan dio vlage u tekućem stanju, a u obliku sitnih kuglica. U prirodi se zrak ohlađuje: 1) ili preko noći, 2) ili kad dolazi s vjetrom iz toplijih krajeva u hladnije, 3) ili kad se diže u vis. Dižući se u vis, zrak se rasteže i zbog toga ohlađuje.

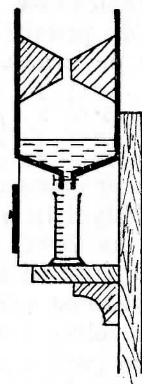
Vlaga, što je zrak otpušta, zgušćuje se oko *čvrstih čestica*, što lebde i tako nastaju sitne vodene kuglice, otprilike s promjerom $^1/_{100}$ mm. One čine *oblake*, ako su visoko nad Zemljom, ili *maglu*: ako su uz tlo.

»Magla u boci«. Da dobiješ »maglu u boci«, ulij najprije u bocu nešto vode i okreći bocu, da se iznutra smoči; zašto? Zatim zapali krpicu ili papirić i pusti *vrlo malo* dima u okrenutu bocu. Čestice dima pomažu, da se oko njih hvata voda. Čvrsto siši na grljku boce i gledaj unutra! Zamaglilo se. Tiskaj zrak ustima u bocu! Magla se pročisti (sl. 61.). Zapamti: kad se zrak razrjeđuje, postaje hladniji; kad se zgušćuje, postaje topliji!

Vrste oblaka. *Jutarnje* se magle obično kasnije ispare, pa nastane lijepo vrijeme. Ljeti za sunčana dana, diže se pred podne zagrijan vlažan zrak u vis, tamo se ohladi i otpusti jedan dio pare u obliku bjeličastih, kuglastih i bubrežastih oblačnih gomila: *gomilasti oblaci* (sl. 62., A). Ovi popodne obično iščezavaju, jer se



Sl. 62. Vrste oblaka: A gomilasti oblaci, B slojasti, C perjasti, D kišni oblaci.



Sl. 63. Kišomjer. Svaki cm u donjoj posudici znači 1 mm oborine.

ispare u toplom zraku. — Od vlažnih vjetrova nastaju rastegnuti, vodoravni *slojasti oblaci* (B). U većim visinama prelaze slojasti oblaci u oblačne *koprene*, koje se na suhu vremenu raspadnu na poredane gomilice bijelih oblačaka: *perjasti oblaci* (»*ovčice*«, C). Na vlažnu se i hladnu vremenu slojasti oblaci zgušćuju u *kišne oblake* (D), iz kojih pada kiša.

Slojasti oblaci počinju se već stvarati u visini od 500 m, dok najviši koprenasti oblaci dosižu i do 12.000 m, a sastoje se od *ledenih iglica*.

Vježbe. 1) Kako nastaje oblačna kapa na Velebitu za vrijeme bure? 2) Što znaš o postanku alpskoga vjetra *föhn*?

Oborine

Promatraj komešanje vodenih čestica u gustoj magli oko sebe! Gledaj, kako gomilasti oblaci na nebeskom svodu mijenjaju oblik i veličinu!

Kiša. Vodene se kuglice u oblacima neprestano spuštaju k Zemlji, no u toplijem se zraku razilaze u paru. Istom, kad se više kuglica sliju u jednu krupniju, nastaju teže kaplje, koje padaju kao *kiša*. Nagla kiša s krupnim kapljama zove se *pljusak*, a vrlo žestok pljusak *prolom oblaka*.

Snijeg i led. Zimi nastaju od vlage u zraku zvjezdasti šesterostrani kristalići: *snijeg*. U toplijim slojevima zraka zvjezdice se sljepljuju u *snježne pahuljice*.

Snježne pahuljice katkad prolaze kroz oblake, gdje se djelomično razvodnjavaju i ponovo smrzavaju, pa nastaju bijela ledena zrnca, koja se zovu *solika*. Krupno ledeno zrnje zove se *tuča*, *grad*, *krupa*. Tuča nastaje u većim visinama, i pada obično ljeti. Zrno tuče ima mutnu jezgru, koja je opkoljena ljuskama čista leda. Zrna su kao lješnaci, ali ih ima i poput oraha, a katkad i kao kokošja jaja, pa i veća. Tuča počinja veliku štetu na usjevima.

Rosa i mraz. Za vedrih hladnih noći rashladi se tlo i zrak pri tlu, pa se para zgušnjava i hvata trave i grmlja kao *rosa*. Na mjestima, koja su nečim natkrita, ne hvata se rosa. Zašto nema rose, kad je oblačno, ili vjetrovito? (Kad je oblačno, zrak se ne može dovoljno ohladiti). Zimi po vedrim noćima pokriva tlo *mraz*, a od zimnje magle, što primrzava uz šiblje i grančice, nastaje *inje*.

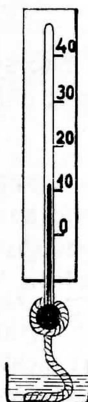
Mjerenje oborine. Količinu oborina u nekom kraju prikazujemo debljinom vodenoga sloja, koji bi nastao, da ostane sva voda na tlu. U Boki Kotorskoj pada godišnje oko 5.000 mm kiše. To je ujedno i najkišovitiji kraj u Evropi.

Kod mjerenja oborina, hvatamo kišu u posudu, nad kojom je lijevak s otvorom po površini deset puta veći nego je dno posude (*kišomjer*, ombrometar, sl. 63.). Tako svaki cm vode u posudi (menzuri) znači 1 mm kiše u prirodi.

Vlaga i oborine u ratarstvu. Odakle vlaga u zraku? Od čega zavisi količina vlage u zraku? Koji zrak zovemo vlažnim, a koji suhim?

Vlažan zrak sadržava veliku količinu vezane topline, koja je bila utrošena prigodom ishapljivanja tekuće vode. Kad vlažan zrak otpusti jedan dio svojih vodenih para u obliku oborina, *oslobodi se vezana toplina* ishlapljivanja. Osobito se ta oslobođena toplina osjeća zimi za vrijeme snježenja. Oštra studen popusti, čim počne padati gusti snijeg; zašto?

Snježni pokrivač, kao loš vodič topline, *zimi štiti zemlju* i zimske usjeve od smrzavice. Za oštrih zima bez snijega, usjevi stradavaju.



Sl. 63a. Toplomjer s fitiljem.

Tako su neke zime s dijela nekog zemljišta odgrnuli snijeg, a poslije su opazili, da se na tome mjestu zemlja zamrzla do 80 cm u dubljinu. A gdje je snijeg ostao, nije se tlo ni počelo smrzavati.

Hoće li biti mraza. Velike štete može nanijeti u ratarstvu nenadani mraz u ranom proljeću. Želiš li doznati: hoće li naredne noći biti mraza, uradi ovako: Kuglicu dobrog toplomjera omotaj mekim pamučnim fitiljem; fitilj možeš i sam prirediti. Donji kraj fitilja neka se moči u vodi, koja je u čaši ispod toplomjera (sl. 63 a). S takvim toplomjerom izađi van, kratko vrijeme pred zalazak sunca. Pokaže li toplomjer temperaturu manju od + 4° C, možeš se te noći nadati mrazu. Opažanja su, naime, pokazala, da je najniža temperatura noći obično za 4° niža od temperature, što je pokazuje vlažan toplomjer pred zalaskom sunca.

Vježbe. 1) Kako nastaje rosa i ledeno cvijeće po prozorskim staklima? — 2) Izračunaj: koliko je mm oborine, ako si za vrijeme kiše uhvatio s površine od 4 m^2 70 l vode!

Kako se rasprostire toplina

Dobri i loši vodiči topline

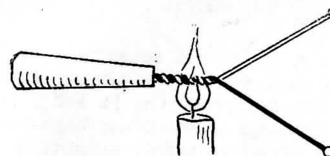
Vodljivost čvrstih tijela. Žlicu od kovine zatakni u vodu, koja vrije. Drugi kraj se ubrzo ugrije, da jedva držiš. Učini jednako s drvenom žlicom. Kakva je razlika prema žlici od kovine? — Izvedi sličan pokus sa jednakim šipkama od bakra i od željeza, pa ćeš se uvjeriti, da se toplina rasprostire brže i bolje kroz bakar nego kroz željezo. Isto ćeš tako opaziti, da se bakrena šipka brže ohladi od željezne.

Na krajeve jednakih žica od bakra i od željeza natakni po jednu grudicu voska i zagrijavaj na drugom kraju (sl. 64.). Vosak se na bakru počne prvi taliti i prvi otpadne.

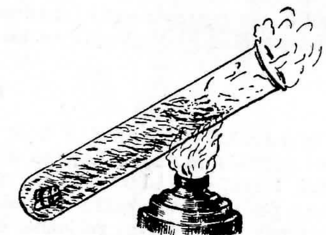
Tijela, koja brzo primaju toplinu, kroz koja se toplina brzo rasprostire i koja toplinu brzo gube ili predaju okolini, zovu se dobri vodiči (konduktori) topline. Tijela, kod kojih to biva sporo, loši su vodiči topline (izolatori). Ovakav način rasprostiranja ili širenja topline zove se vođenje. Kod vođenja prelazi toplina tijelom redom od čestice do čestice.

Najbolji su vodiči topline kovine, osobito srebro i bakar; kamen, i zemlja slabiji su, a staklo, ugljen, papir, drvo, led još slabiji vodiči topline.

Vodljivost tekućina. Staklenu cijev napuni vodom i u nju pusti komadić leda obloženoga olovom ili žicom (da padne na dno). Gornji dio cijevi drži koso na plamenu. Voda gore ubrzo zavrije, a led dolje ostaje nerastopljen (sl. 65.). Što zaključuješ s obzirom na toplinsku vodljivost vode?

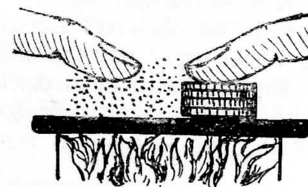


Sl. 64. Bakrenu i željeznu žicu zagrijavaj na jednom kraju; što će biti s voštanim kuglicama na drugom kraju? Zaključak?



Sl. 65. Gore voda vrije, a dolje se led ne topi. Zaključak?

Voda i druge tekućine (osim žive, koju smatramo tekućom kovinom) loši su vodiči topline.



Sl. 66. Pod lijevim prstom je zrak, pod desnim stupčić od nekoliko komada novca; koji će prst duže izdržati nad vrućom pločom štednjaka?

Vodljivost plinova. Približi ruku na 1 cm od zagrijane ploče kuhinjskoga štednjaka. Možeš li izdržati? Što se nalazi između ruke i zagrijane ploče? Bi li mogao izdržati, da između ruke i zagrijane ploče umetneš nekoliko komada novca (sl. 66.)? Što zaključuješ s obzirom na vodljivost zraka?

Zrak i ostali plinovi i pare također su loši vodiči topline.

Premda su tekućine i plinovi loši vodiči topline, ipak se u posebnim slučajevima mogu brzo zagrijati, i to onda, kad ih grijemo odozdo; zašto? U takvu slučaju toplina prelazi strujanjem, a ne vođenjem.

Šupljikava čvrsta tijela, u kojima ima zraka, loše provode toplinu: vuna, krzno, perje (odjeća životinja), slama, pepeo i t. d.

Čelična blagajna ima dvostruke stijene, a šupljina između njih nabijena je pepelom. Pepeo je loš vodič topline. Ako dođe do požara, pepeo priječi, da toplina izvana ne prelazi u unutarnjost blagajne, i tako ostanu sačuvani vrijednosni papiri, koji su unutra.

Azbestno odijelo vatrogasaca zaštićuje tijelo od vatre. Azbest je vlaknasta ruda, koja se dade raščehnuti na tanke niti. Te niti zapredaju s lanom u tkanine, od kojih prave azbestna odijela. Ona nisu upaljiva.

Vježbe. 1) Dodiruj rukom vruće željezo štednjaka i drvo, koje gori u štednjaku. Zašto se željezo čini mnogo toplije? — 2) Od čega su ručice predmeta, koji dolazi u dodir s vatrom? Zašto zimi omataju željezne dijelove bunara slamom? — 3) Objasni važnost snježnoga pokrova nad zimskim usjevima, i leda na rijekama i jezerima! — 4) Zašto se žeravica (žar) drži dugo u pepelu? — 5) Zašto ti se zimi primrzne koža za hladno željezo, ako ga se dotakneš vlažnom rukom? — 6) Zašto ti je zimi toplije u prostranim cipelama nego u tijesnim? Zašto prljava košulja slabije štiti od studeni nego čista? (Među nitima čiste tkanine ima zraka!). Objasni važnost zraka, što se drži u krznu krznaša, u perju ptica! — 7) U prikladnoj vrećici od papira

(najbolje pergamentnoga) možeš zagrijati vodu do vrenja, ako je griješ oprezno na plamenu. (Papir se ne može dovoljno ugrijati, pa se ne zapali.).

Kamen kotlovac

U parnim kotlovima, i u drugim posudama, u kojima se grije voda, talože se pomalo sastojci, koji su bili otopljeni u vodi, pa se hvataju stijene kao kamena kora: kotlovni kamen ili kamen kotlovac. On je lošiji vodič topline, pa u takvu kotlu priječi brzo zagrijavanje vode. Zbog toga takav kotao troši više goriva, željezna stijena jače se grije, pa brže i progori. Pored toga, željezna se stijena takva kotla lako usije i razmekša. Unutra je veliki tlak. Što može nastati od toga? Zato treba kamen kotlovac od vremena do vremena odstranjivati iz parnih kotlova. To treba raditi, čim dosegne debljinu do 1·5 mm.

Isto vrijedi i za kotlove, u kojima se kuha hrana za blago. Često vodu, prije nego je puste u parni kotao, pročišćavaju kemijskim sredstvima.

Širenje topline zrakama

Pokusi. Primakni obraz zagrijanoj peći. Što si odmah osjetio? Kako je do tebe dospjela toplina, što si je osjetio na obrazu? Zašto to ne može biti toplina, koja se rasprostire vođenjem kroz zrak? Vođenjem od čestice do čestice ne bi mogla toplina tako brzo doći do tvoga obraza. Pored toga, zrak je loš vodič topline. Ne može to biti ni toplina, koja je dospjela strujanjem zraka, jer je osjećaš nesamo iznad vruće peći, nego i kraj nje.

Metni list papira između obraza i zagrijane peći. Osjet topline smjesta nestaje! Dokaz više, da to nije bila toplina vođenjem.

Kako dospijeva toplina sa Sunca na Zemlju? (Zrakama).

Zrake topline. Vruće tijelo izbija ili ižaruje toplinu kroz zrak na sve strane u pravcima. Ti se pravci zovu zrake topline.

Toplinske su zrake nevidljive i ne griju zraka, kroz koji se rasprostiru; istom, kad ih zaustavi kamen, zemlja, drvo, koža, izazivaju toplinu u tim tijelima. Zrake topline rasprostiru se velikom brzinom. One prenose toplinu izravno na udaljena tijela.

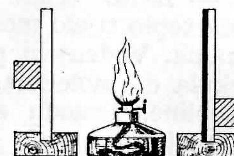
Primanje toplinskih zraka

Staklo prema zrakama topline. Primakni nanovo obraz zagrijanoj peći, a zatim metni između obraza i peći prozirnu staklenu ploču. Osjeta topline odmah nestaje, kao i kod pokusa s listom papira. Staklo zaustavlja i prima nevidljive zrake topline. I voda i led, premda su prozirni, zaustavljaju nevidljive zrake topline. Zbog toga, ta se tijela zagrijavaju djelovanjem toplinskih zraka.

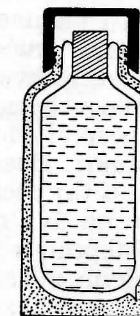
Prozirna kuhinjska sol propušta toplinske zrake.

Glatke i hrapave površine. Jednu stranu mesingaste ploče očađi na plamenu svijeće, a na sredinu druge strane pomoću voska (ili parafina, ili stearina) prilijepi drvenu kockicu. Uzmi i drugu, neočađenu mesingastu ploču s jednako nalijepljenim drvcetom, pa ih obje osovi jednu prema drugoj, tako, da nalijepljena drvca budu na vanjskim stranama. Između njih zapali špiritnu grijalicu (sl. 67.). Plamen zapaljenog špirita slabo je svijetao, ali vruć. Pazi, da se ne povija.

Iz njega izbijaju na sve strane nevidljive zrake topline. Promatraj, kako one djeluju na obje ploče. Za neko vrijeme spuzne drvce s očađene ploče; drugo još ostaje.



Sl. 67. Desna ploča (začađena) brže se ugrije nego lijeva (nezačađena); zašto?



Sl. 68. Termos-boca ima dvostruke stijene od ogledalskog stakla; između njih je vacuum; zašto?

Tijela tamne i hrapave površine hvataju zrake topline (upijanje, apsorpcija), a tijela sjajne i glatke površine odbijaju ih. Djelovanjem nevidljivih toplinskih zraka tamna se i hrapava tijela zagrijavaju jače i brže od sjajnih i glatkih.

Grijalica na zrake je udubljena ploča od ulaštenoga lima, s užarenim tijelom, koje se grije na plin ili električnom strujom. Upotrebljavaju se zimi u trgovinama ili po otvorenim prodavaonicama. Ulašteni lim odbija toplinske zrake, pa ih možeš upraviti kamo treba.

Izbijanje toplinskih zraka

Očađi izvana staklenu čašu, drugu omotaj staniolom, pa u obje ulij vruće vode. Promatraj ohlađivanje u jednoj i u drugoj čaši! Očađena će se čaša brže ohladiti.

Vruća tijela tamne i hrapave površine jače izbijaju zrake topline i brže se ohlađuju od sjajnih i ulaštenih.

Zašto ima čajna posuda ulaštenu površinu? Zašto prodavač sladoleda drži sladoled pod sjajnim poklopcem? — Koje peći izbijaju toplinu jače, a koje slabije? Pazi, da li je površina peći ravna i glatka, ili izrezuckana i hrapava, da li je premazana prahom grafita (crno), ili aluminija (svijetlo).

Vježbe. 1) Zašto u proljeću i jeseni ne nastaje mraz, ako su noći oblačne? (Oblaci ne daju, da se toplina sa Zemlje gubi zračenjem u svemir). — Jednako tako objasni, zašto se ne hvata tako obilna rosa pod krošnjom drveta, ni na drugim natkritim mjestima. — 2) Zašto se mraz i rosa hvataju većinom izoranog tla i tla pokritoga travom, a manje glatkih ploha i utrtih staza? — 3) Pospi zimi čađe po snijegu, što ga obasjava sunce, ili položi na snijeg komad bijela i komad crna sukna. Što opažaš za sat, dva? Zašto se pod crnim pokrovom snijeg brže topi?

Termos-boca

Putnici i planinari nose svoj napitak u termos-bocama (»termosica«). Vrući čaj ostaje u njima dugo vruć, a hladna voda ostaje hladna, Kakve su to boce?

Termos-boca (sl. 68.) ima dvostruke stijene od stakla. Staklo je pozrcaljeno kao u ogledala, a između stijena je izvučen zrak (vacuum). Boca je začepljena plutom. — Zašto vruća tekućina ostaje u toj boci dugo vruća? Sjeti se, da toplo tijelo može gubiti toplinu na dva načina: vođenjem i zrakama. Vođenjem prelazi toplina postepeno s tijela na tijelo, od molekula do molekula. Gdje nema nikakvih molekula nema ni vođenja topline. Između stijena termos-boce nema zraka, zato se i toplina iz nje ne može gubiti vođenjem. Kroz prazan prostor mogu prelaziti zrake topline, ali njih natrag odbijaju glatke plohe termos-boce.

S istih uzroka ne može vanjska toplina prodirati u bocu, u koju si nalio hladan napitak. Malo pomalo ipak toplina prelazi preko grljka i čepa.

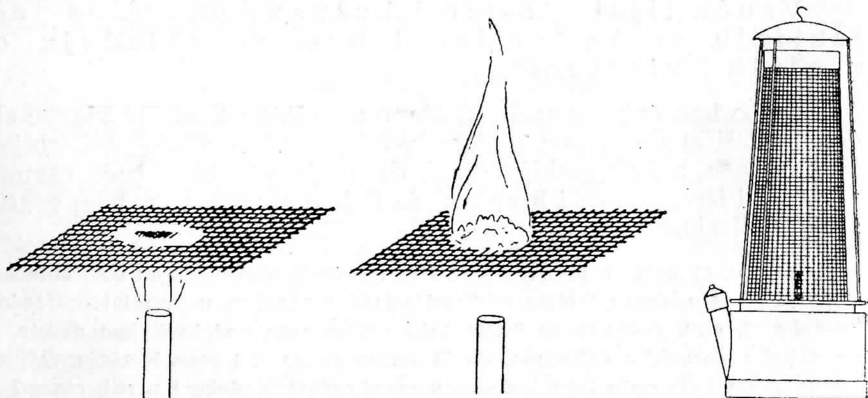
Slične posude i boce služe i za druge potrebe (na pr. za držanje tekućeg zraka, a zovu se, po njihovu pronalazaču, i Dewar-ove (Djuarove) posude.

Vježbe. 1) Skini oprezno zaštitni vanjski oklop s termos-boce i pogledaj stakleni šiljak uz dno boce! Na tom su mjestu izvukli zrak, a zatim je staklo zataljeno.

Davy-jeva svjetiljka

Na plamen zapaljena plina položi gustu mesingastu mrežicu. Plamen, kao da si ga odsjekao, gori samo ispod mrežice (sl. 69.). Nad mrežicu se prebaciti ne može, jer ova toplinu brzo razvodi i gubi. Iznad mrežice nema dovoljno visoke temperature, da bi se mogao plamen prebaciti na drugu stranu.

U rudnicima se ispod zemlje često nakuplja zapaljivi plin, a taj je vrlo pogibeljan, kada se pomiješa sa zrakom. Dosta je iskrica, da sve plane. Zato rudari ne ulaze pod zemlju s otvorenim plamenom, nego se služe Davy-jevom (Devijevom) svjetiljkom (sl. 70.). Davy-jeva svijetiljka ovijena je mrežicom od mesinga. Mrežica prima od plamena toplinu, ali je brzo gubi vođenjem. Ako zapaljivi plin prodre do plamena, izgori uz pucketanje unutar mrežice, ali se vatra ne može prebaciti napolje.



Sl. 69. Mjedena mrežica nad plamenom ne dopušta, da plamen probije gore. Zapališ li plin iznad mrežice, ne da ona, da se plamen prebaci dolje; zašto?

Sl. 70. Davy-jeva rudarska svjetiljka.

Izvori topline

Sunce

U svagdanjem životu upotrebljavamo toplinu na stotine raznovrsnih načina. Navedi, kako se toplina upotrebljava u kućanstvu, u obrtu, u tvornicama i drugdje!

Toplinu nam daju različiti izvori topline. Sunce je najvažniji izvor topline.

Sunce je usijana kugla u svemiru, po promjeru više od sto puta veća od Zemlje, a po obujmu više od milijun puta. Od Zemlje je Sunce udaljeno 149,500.000 kilometara. Po istraživanjima učenjaka, temperatura na površini Sunca iznosi oko 6.000° C.

Sunce žari na sve strane u svemir zrake svjetlosti i topline brzinom od 300.000 kilometara na sekundu. Neznatan dio tih zraka dospijeva na Zemlju, i od njih na Zemlji živi sve. Promisli i obrazloži: zašto se može kazati, da je Sunce pokretač svega na Zemlji! Sunčana toplina diže vodu iz mora u oblake, ona je povod vjetrovima, koji raznose oblake i kišu, a ova hrani rijeke i potoke. Sunčana svjetlost i toplina daju da rastu biljke i drveće, koje time omogućuju život životinja i ljudi.

Računa se, da bi toplina, što je kroz godinu dana primi Zemlja od Sunca, bila dovoljna da rastopi led, koji bi prekrivao zemaljsku kuglu u sloju debelom trideset metara. Velik se dio topline, što je prima Zemlja od Sunca, gubi opet u svemir zrakama.

Vježbe. 1) U vrućim krajevima katkad upotrebljavaju t. zv. sunčane strojeve. Tu udubljenim ogledalima hvataju sunčanu toplinu, a ova grije vodu u prikladnom kotlu. Proizvedena para tjera parostroj. — 2) Planinari, u nuždi, prave vatru staklenom lećom; kako? Leću, ako nemaju druge, odviju s dalekozora ili s fotografske sprave.

Zemlja

Topla vrela, što izbijaju iz dubljina Zemlje, i vulkanska izbacivanja dokazuju, da je Zemlja u svojoj unutarnjosti vruća. U zatvorenim prostorijama, 2 metra ispod zemlje, više se ne osjećaju dnevna kolebanja temperature, a 20 metara duboko ne dopiru ni godišnje toplinske promjene. Odavle, još dalje u dubljinu, postepeno se povećava temperatura, otprilike na svaka 33 metra za 1° C. U dubokim rudnicima vlada nesnosna vrućina, dok u isto doba na površini Zemlje reže oštra hladnoća.

Računa se, da se u dubljini od kojih 75 kilometara nalazi sve kamenje i sve rude u usijanom tekućem stanju.

Vježbe. 1) Koristi li se kako čovjek toplinom iz unutarnjosti Zemlje? — 2) Otkuda toplina u utrobi Zemlje? (Čitava Zemlja bila je u davna vremena užarena kugla, kao što je danas Sunce).

Kemijska toplina

Gorenjem drveta, ugljena, ulja i drugih goriva oslobađa se toplina. I kod drugih nekih kemijskih pojava, na primjer, kad gasiš vapno (kreč) vodom, nastaje toplina. Ova se toplina zove kemijska toplina. Toplinska vrijednost raznih goriva pokazuje se kalorijama. Kilogram drveta izdaje gorenjem 3.000 kilogram-kalorija, kilogram ugljena do 7.000, alkohola 6.000, petroleja 10.500 kilogram-kalorija.

Kad pališ drvo, kao da se oslobađaju toplina i sjaj sunčani, pomoću kojih je drvo nekad izraslo. Drvo, ugljen i petrolej su spremišta, u kojima je smještena toplina Sunca.

Disanjem životinja i ljudi ulazi kroz pluća u tijelo kisik zraka, a ovaj se kemijski spaja s ugljikom u krvi, pa od toga nastaje tjelesna toplina. Ova je toplina potrebna za održavanje života. Kemijska toplina, što nastaje u živom tijelu, zove se i fiziološka toplina.

Vježbe. 1) Zašto se ugriješ trčanjem? (Brže disanje, veća fiziološka toplina). — 2) Zašto imaju ribe hladniju krv od sisavaca? (U vodi ima manje kisika, nego u slobodnom zraku).

Mehanička toplina

Toplina trenja. Zimi, kad ti prozebu prsti, trljaš ruku o ruku i tako ih ugriješ. Kad piliš, ugrije se pila. Jednaku pojavu opažaš i kad nešto turpijaš, ili bušiš, kad tučeš čekićem po komadu olova, kad savijaš kakvu žicu. Kad topovski metak udari u čeličnu ploču oklopa, usija se debela ploča na mjestu udarca.

Trljanjem, trenjem, udarcima nastaje toplina, koja se zove mehanička toplina.

Trenjem nenamazane osovine u glavčini kotača razvija se toliko topline, da se drvo zadimi. Nenamazane željezničke osovine usiju se od velikoga trenja, a od toga se mogu upaliti drveni dijelovi kola.

Ispod konjske potkove vrcaju iskre, kad željezo žestoko kresne o kamen.

I električna struja, kad prolazi vodičem, proizvodi toplinu (fizička, električna toplina).

Tijela ugrijana do visoke temperature, usijaju se i počnu svijetliti.. Uz pristup zraka, mnoga od njih zapale se i gore.

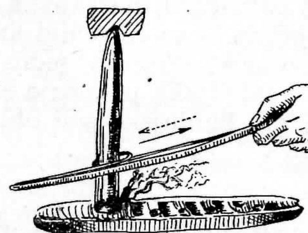
Što je toplina. Pojave mehaničke topline navele su učenjake na misao, da toplina nije ništa drugo nego titranje ili treperenje molekula u tijelu. Kad udariš čekićem komad olova, prenese se udarac na molekule olova, i oni se jače potresu ili zatrepere. Jače titranje molekula javlja se kao viša temperatura. Kad uz toplije tijelo pristaviš hladno, udaraju na dodirnoj plohi molekuli prvoga tijela na molekule drugoga pa i njih nagone na žešće treperenje. Ova se misao slaže i s drugim toplinskim pojavama. Grijanjem tijelo povećava svoj obujam, jer mu molekuli žešće titraju pa se i više razmaknu jedan od drugoga. Razmicanjem molekula se oslabljuje kohezija, pa u određenom trenutku, čvrsto tijelo prelazi u tekuće stanje, a tekuće u plinovito.

Paljenje vatre

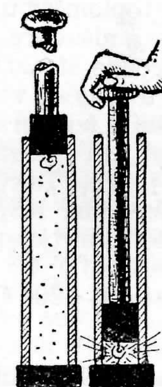
Priča o Prometeju. Stara grčka priča pripovijeda, da su se vatrom služili najprije samo bogovi na Olimpu (munja i grom!). Tada je Prometej ukrao vatru bogovima i donio je na Zemlju i poklonio ljudima. Za kaznu prikovao ga je Jupiter na neku stijenu na Kavkazu, i orao je svaki dan slijetao nad Prometeja i kljuvao mu jetra. Koliko mu je iskljuvao, toliko mu je do sutradan iznova naraslo.

Zgodnim trenjem drvceta o drvce još i danas divljaci pale vatru (sl. 71.).

Kresivo. Ponegdje po našim selima može se naći starinsko kresivo za kresanje vatre. U taj pribor idu komad čelika, koji se zove ognjilo (ocilo), zatim kremen i prerađena bukova guba (trud). Komadić suhe gube ili natučene platnene krpice drži među prstima zajedno s oštrobridnim komadom kremena kresivca, a zaobljenim čeličnim ognjilom u drugoj ruci kresni o kamen. Tvrdi kremen otkreše s ognjila mrvicu čelika, a usjala iskra vrcne na zapaljivu gubu, i ona zatinja.



Sl. 71. Pravljenje vatre trenjem. Luk s tetivom vrti uspravno drvce, koje se tare o podlogu.



Sl. 72. Pneumatski nažigač. Kad naglo stisneš zrak iz cijevi, zapali se komadić bukove gube pod klipom; zašto?

U benzinskim zapaljačima pada iskra na stijenj natopljen benzinom. Iskra se pravi kresanjem tvrde hrapave čelične plohe o štapić »kremena«, koji je zapravo slitina (legura) cera i željeza.

Žigice. Kad pališ žigicu, strugneš glavicom o hrapavu plohu kutije, na kojoj je prevlaka crvena fosfora. Nešto fosfora prijeđe na glavicu, fosfor se trenjem upali, a od fosfora plane i glavica. Ako nemaš kutije, možeš žigicu zapaliti i na kakvoj drugoj glatkoj, suhoj plohi (na staklu, na glatkom papiru).

Pneumatski nažigač. Plinovi se zagriju i žestokim stiskanjem, t. j. smanjenjem obujma. Pneumatski nažigač (sl. 72.) je cijev od debela stakla, zatvorena na jednom kraju. U nju neprodušno pristaje čep na dršku. Pod čepom je željezna kukica, na kojoj je učvršćen komadić zapaljive gube. Kad čep s gubom naglo tisneš u cijev, zrak se stisne i toliko ugrije, da guba zatinja.

Sličnim se načinom vrši paljenje u stublini (cilindru) t. zv. Diesel-motora. Klip u stublini naglo stisne zrak na 35 atmo-

sfera, i u tom trenutku uštrca se u valjak nešto nafte; ona se zapali od proizvedene topline.

Uz obične prilike, zapali se fosfor pri 50° C, sumpor pri 350° C, a drvo kod 500 do 600° C.

Kako se mijenja temperatura plina, kad mu povećaš obujam? (Ohlađuje se).

Vježbe. 1) Kako su se negda ispaljivale puške, a kako sada? — 2) Što znaš o kemijskoj strani gorenja? Što je osim goriva još potrebno za gorenje? Zašto barut (puščani prah) izgara u zatvorenoj cijevi, — dakle, u prostoru bez zraka? (Potreban kisik uzima iz primiješane salitre).

Industrija hladnoće

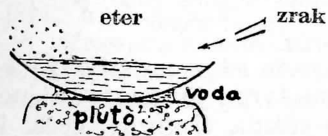
Hladne smjese

Metni toplomjer u čašu vode i pogledaj temperaturu. Zatim baci u vodu dosta nišadora ili salmijaka (ili kuhinjske soli). Živa se u toplomjeru počne stezati. Još će niže pasti temperatura, ako baciš salmijaka u smjesu vode i leda. **Tijelo, koje se otapa, troši toplinu, i zato se snizi temperatura rastopine.**

Miješanjem određenih tijela, koja se rastapaju, nastaju hladne smjese. Takve se smjese upotrebljavaju za hlađenje mesa i drugih jestvina. Koje hladne smjese poznaješ? Smjesa jednakih težina vode, smrvljenog leda (ili snijega) i salmijaka pokazuje temperaturu od —18° C; 3 dijela snijega i 1 dio kuhinjske soli ohlade se u smjesi do —20° C.

Tvornički led

Led na malo. Budući da se i ishlapljivanjem troši toplina, upotrebljava se i ta pojava za proizvođenje hladnoće. Zdjelicu od tankoga lima ili stakalce ure metni na mokru podlogu od pluta, nalij etera i puši uz površinu (sl. 73.). Eter brzo ishlapljuje a voda se pod zdjelicom smrzne; zašto?

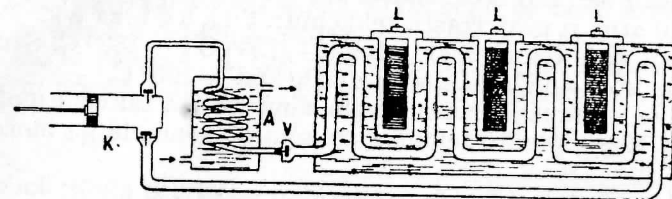


Sl. 73. Kad pušeš na eter u posudicu (puhati možeš i ustima), zamrzne voda između posudice i podloge; zašto?

Plinovi i pare. Plinovite tvari, kao što su kisik, vodik, dušik i druga tijela, koja su na običnoj temperaturi i na običnom tlaku samo plinovita, zovu se plinovi. Plinovite tvari, koje nastaju ishlapljivanjem tekućina pri običnoj temperaturi i običnom tlaku zraka, zovu se pare: vodena para, alkoholna para, benzinska, eterna. Ohlađivanjem se pare lako pretvaraju u tekućinu. Plinovi se zgušćavaju u tekućine pri vrlo niskoj temperaturi.

Pretvaranju plinova u tekućinu pomaže veliki tlak.

Led na veliko. Tvornički led pravi se pomoću pretvaranja u tekućinu i ishlapljivanja tekućega amonijaka. Amonijak je plin, koji se na običnom tlaku pretvara u tekućinu kod temperature —39° C, a na većem tlaku već i pri običnoj temperaturi. — Uređaj za pravljenje leda (sl. 74.) ima tri glavna dijela: kompresor (K), kondenzator (A) i refrigator (B). Kompresor je stublina (cilindar) s klipom i s ventilima. Kompresor uvlači plinoviti amonijak i utiskava ga u kondenzator. Kondenzator je čvrsta zavojita cijev, složena u posudi, kojom prolazi hladna voda. Plinoviti amonijak, stisnut u cijevi kondenzatora na 6 do 7 atmosfera, ohladi se i zgusne u tekućinu. Kad pritisak u kondenzatoru premaši određenu granicu, tekući amonijak otvara propusni ventil (v) i odlazi u refrigator (B). Refrigator se sastoji od široke i dugačke zavojite cijevi, oko koje se nalazi otopina kuhinjske, ili koje druge soli. Zbog većega prostora i maloga pritiska, tekući se amonijak u cijevi refrigatora počne naglo isparivati i prelaziti u plinovito stanje. Toplinu, potrebnu za ishlapljivanje, oduzima amonijak slanoj otopini. Temperatura rastopine snizi se na —10° C. Sama se otopina ne smrzava na toj temperaturi upravo zbog otopljene soli. U hladnu rastopinu meću limene kutije napunjene čistom vodom. Voda se u tim kutijama ubrzo sledi.



Sl. 74. Uređaj za pravljenje leda. K kompresor, A kondenzator, gdje se stisnuti amonijak ohlađuje vodom i pretvara u tekućinu, V ventil, koji propušta amonijak u refrigator B, gdje se amonijak naglim isparivanjem još više ohlađuje; L posude, u kojima se smrzava voda.

Kamo ide plinoviti amonijak iz refrigatora? Zašto se ledane (tvornice leda) nalaze često uz pivovare?

Rashladne uređaje, koji proizvode hladnoću rastezanjem i isparivanjem amonijaka, sumpornog dioksida, ugljičnog dioksida, vidimo u velikim mljekarnicama, klaonicama, spremištima za čuvanje mesa i t. d. Rashladni ormari u kućanstvu proizvode hladnoću na sličan način.

»Suhi led«. Naglim rastezanjem stisnutoga ugljičnog dioksida troši se toliko topline, da se jedan dio istoga plina ščvrsne u bijele pahuljice, koje zovu »suhi led«. Njim se, ako se izmiješa s alkoholom, ili eterom, može postići temperatura do —80° C. Zašto se kaže »suhi« led? Na običnoj temperaturi i na običnom pritisku, »suhi led« se izravno pretvara u plinovito stanje (ne moči).

Tekući zrak

Zrak je smjesa kisika i dušika (azota), uz nešto ugljičnog dioksida, vodene pare i drugih sastojina.

Uređaj za tekući zrak osniva se na istim načelima kao i uređaj za pravljenje leda. Određenu količinu zraka stisne najprije kompre-

sor na 20 do 25 atm. Ovako stisnuti zrak ohlađuje se u hladilu. Zatim ga puštaju, da se rastegne u drugom prostoru, gdje je manji tlak. Naglim se rastezanjem zrak još više ohladi. Nakon toga ga stisnu na 200 atm., nanovo rashlađuju i nanovo puštaju da se rasteže. Kad se tako zrak ohladi na —140° C, zguštava se pod tlakom od 20 atm. u modrikastu tekućinu: tekući zrak. Pod običnim tlakom vrije tekući zrak između —195° C i —182° C. Sam tekući kisik vrije kod —182° C, a sam dušik kod —195° C.

Živa se u tekućem zraku naglo zamrzne, pa takvom možeš zabijati čavle. Meso, prelito tekućim zrakom otvrdne, da ga možeš satrti u prah.

»Loks«. Iz tekućega se zraka lako odjeljuje kisik; kako? Razlučnim prekapljivanjem dobit kisik upotrebljava se pri svarivanju kovina i za druge potrebe.

Prah ugljena umiješan u tekući kisik, naglo prasne, kad ga zapališ; zašto? (obilje kisika). Takva mješavina upotrebljava se pod imenom »loks« (kratica od: l [ikvidni] o k s [igen], t. j. tekući kisik) za lomljenje stijena. Jači je od dinamita, a manje opasan. Zaboravljen dinamitni naboj predstavlja veliku pogibelj (zašto?), a zaboravljen »loks«-naboj ubrzo »ugine«, t. j. kisik ishlapi.

Vježbe. 1) Zašto se upotrebljava led? — 2) Zašto tekući zrak nema stalnoga vrelišta? (Smjesa).

O radu, oruđu i o strojevima

Kakav rad, takva plaća

Što znači raditi

Na oranju. Orač stoji s plugom i s konjima pred neuzoranim poljem. Ruke su mu krepke, konji snažni. Ali da te ruke ne prihvate pluga, a konji, da ne potegnu, nikakve koristi od njihove sile i snage! Sila treba da radi, da reže zemlju, da prevrće brazde. Tek to vrijedi!

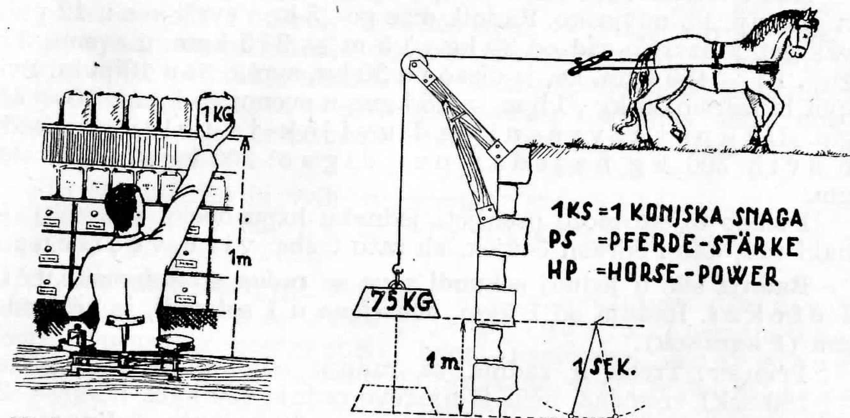
Rad mišića. Kada dižeš vreću, ili škrinju robe, radiš! Teško ti je, boriš se sa silom težom! Sila teža vuče dolje, ali sila tvojih mišića svladava silu težu, i teret se diže. I konj radi, kad vuče kola uzbrdo: svladava silu težu. Ako je cesta razrovana, a osovine nenamazane, još mu je teže, jer mora svladavati i druge sile: otpor neravna puta i trenje u osovinama. Vuče li konj kola po vodoravnu putu, ne svladava sile teže, ali i opet svladava otpor i trenje. Dok piliš i cijepaš drva, svladavaš čvrstoću i tvrdoću drveta. — Vjetar pokreće jedrilicu, voda tjera mlin, para vuče željeznicu. I to je rad.

Raditi znači: jednom silom svladavati drugu na određenom putu. Svladavana sila zove se teret. Najobičniji su tereti: sila teža (težina), zatim otpor, trenje i molekularne sile (kohezija, adhezija, ekspanzija).

Veličinu svake sile možemo iskazati u kilogramima.

Količina rada

Od čega zavisi količina rada. Prije nego što radnik preuzme posao prosuđuje otprilike količinu rada, što ga ima obaviti. Veći ili teži rad traži i veću plaću. Prije nego prenese hrpu opeka s jednoga mjesta na drugo, postavlja pitanje: kolika je hrpa i kamo da je prenese? I kad ima izrezati gomilu cjepanica, određuje cijenu prema količini drva i prema broju rezova.



Sl. 75. 1 kg dići 1 m visoko, znači rad od 1 kgm.

Sl. 76. 75 kg dići 1 m visoko za 1 sek, znači učin od 1 konjske snage (= 1 KS = PS = HP).

Količina rada zavisi od veličine tereta i od dužine puta, na kojemu sila svladava teret. Količinu rada nazivamo u fizici radnjom.

Jedinica radnje. Za jedinicu radnje odabrana je ona radnja, koja je potrebna, da se težina od 1 kg digne 1 m visoko (sl. 75.). Tolika se radnja zove 1 kilogram-metar (= 1 kgm).

Računanje radnje. Kad si digao 5 kg 1 m visoko, obavio si radnju 5 . 1 = 5 kgm; da si isti teret digao 2 m, bila bi radnja dvostruka: 5 . 2 = 10 kgm.

Radnja (kgm) = teret (kg) . prevaljeni put (m)

Bačvu od 30 kg lagano ćeš odvaljati 2 m daleko po vodoravnom tlu, a mnogo veći napor, — veća radnja — treba, da je digneš u vis za isto toliko. Kad valjaš bačvu po vodoravnom tlu, ne svladavaš težinu bačve, nego samo trenje, a ovo je, redovno, manje od težine. Rad od 30 . 2 = 60 kgm izvršio bi, kad bi 30 kg digao 2 m visoko.

Radnja pri hodanju. Gledaj čovjeka, kad hoda po vodoravnom tlu. Tijelo mu se, pri svakom koraku, diže i spušta. Može se uzeti, da se pri svakom koraku težište čovječjega tijela podigne za 3 do 4 cm! Izračunaj radnju čovjeka od 70 kg, utrošenu na 1.000 koraka!

Vježba. 1) Iz bunara 8 m dubokoga digao si 12 l vode; koliku si radnju obavio? — 2) 20 komada opeka, svaka po 1·5 kg, prenio si na građevinu 10 m visoko; kolika je radnja? — 3) Kolika je potrebna radnja, da odvaljaš po

vodoravnom tlu bačvu od 80 kg 20 m daleko? Za trenje valjanja uzmi $^1/_{40}$ težine! — 4) Konji vuku kola od 500 kg cestom, kojoj je uspon 2% (t. j. na svakih 100 m dužine digne se 2 m); koliki rad obave konji na dužini od 1 km? (500.20 = 10.000 kgm; k tome još na svladavanje trenja [računaj $^1/_{25}$]; $^1/_{25}$ od 500 kg = 20 kg; 20 kg . 1000 m = 20.000 kgm. Ukupna je radnja 10.000 + 20.000 = 30.000 kgm).

Učin radnje

Rad i vrijeme. Na tlu leži hrpa opeka od 300 kg, i treba je dići, pri gradnji, 1·5 m visoko. Radnik diže po 25 kg i svrši sve u 12 puta. Svakiput je izvršio rad od 25 kg . 1·5 m = 37·5 kgm, u svemu 37·5 kgm . 12 = 450 kgm. Da je dizao po 30 kg, svršio bi u 10 puta. Svakiput bi izvršio 30 kg . 1·5 m = 45 kgm, u svemu 45 kgm . 10 = 450 kgm. *Ukupni izvršeni rad uvijek je tolik, kao da je svih 300 kg najedamput digao:* **300 kg . 1·5 m = 450 kgm.**

I slabo dijete može prenijeti jednaku hrpu opeka i izvršiti jednaki rad, kao i odrasli čovjek, ali zato treba *više vremena*.

Radnja sile u jednoj sekundi zove se radna sposobnost, *učin* ili *efekat*. Radnja od 1 kgm, obavljena u 1 sekundi, je učin od 1 kgm (1 kgm/sek).

Primjer: Treba li radnik za radnju od 450 kgm 3 minute (= 180 sek) vremena, učin je njegove radnje 450 kgm : 180 = 2·5 kgm/sek. Treba li dijete za isti posao 12 minuta, učin mu je 450 : 720 = 0·625 kgm/sek.

Konjska snaga. Učin od 75 kgm/sek, t. j. radnja od 75 kgm, obavljena u 1 sek, zove se 1 konjska snaga (1 KS). (Njemački PS, Pferde-Stärke; engleski HP, Horse-Pover = 1 KS) (sl. 76.).

Konjskim snagama iskazujemo rad strojeva. Parostroj željeznice razvija do 2.000 KS. Čovjek može kratko vrijeme raditi s ½ KS.

Vježbe. 1) Teret od 12 kg digao si 8 m visoko za ½ minute (= 30 sek); s kolikim učinkom radiš ([12 · 8] : 30 = 3·2 kgm/sek). — 2) S kolikim učinom rade konji, ako su izvršili rad od 30.000 kgm za 12 min.? (30.000 kgm : 12.60 sek = ? kgm/sek). — 3) Stroj razvija 4 KS; što to znači? (Svake sekunde obavlja radnju od 4.75 = ? kgm). — Dizalica, zajedno s teretom, teška je 675 kg; za 30 sek digne se 20 m visoko. Koliki je učin ili efekat stroja, koji diže dizalicu? (Izvršena radnja = 675 kg . 20 m = 13.500 kgm; efekat = 13.500 kgm : 30 sek = 450 kgm/sek, a to je 450 kgm/sek : 75 = 6 KS).

Zaliha radnje — energija

Događa se, da dva radnika započnu jednak posao i s jednakim učinom, no jedan od njih *prije* sustane, iscrpi se, pa ne može dalje raditi. To je kao da su dva jednaka benzinska motora započela obavljati jednaki posao, pa jedan najedamput stane, a drugi radi dalje; ovaj drugi imao je u svom spremištu više benzina od prvoga. Tome je slično, kad zapališ dvije jednake petrolejske svjetiljke, pa jedna dogori prije nego druga: ona, koja je dulje gorjela, imala je više goriva. I radnik, koji je dulje radio, imao je u svom tijelu veću zalihu snage, nego prvi.

Količina radnje, što je neko tijelo može izvršiti, zove se energija toga tijela. Energija je spremljena zaliha radnje.

Radnik, koji cio dan prenosi opeke, iscrpi se, pa treba da hranom i odmorom nadoknadi izgubljenu energiju.

Pretvorba energije

Pojam pretvorbe. Digneš li 1 kg težak uteg zidne ure 1 m visoko, uložio si u nj energiju od 1 kgm. Isti uteg, dok se spušta, izdaje tu energiju i pokreće kotačiće ure. — Voda, što se ruši u slapu, i vjetar, mogu također da obavljaju rad. Napon plinova u topovskoj cijevi potiskuje metak, i on izleti napolje velikom brzinom. Rad rastezljivih plinova prešao je u metak, i ovaj je sada dobio sposobnost, da također izvršuje radnju; kad na pr. udari o tlo, iskopa veliku jamu.

Što zaključuješ iz ovih primjera? *Energija se može prenositi s jednoga tijela na drugo i kriti se u različnim oblicima.*

Potencijalna energija. Energija u dignutom utegu ure, u vodi gorskoga jezera, zove se *energija položaja*. Energiju u navijenoj opruzi, u nategnutom luku, nazivamo *energijom oblika*. Energija baruta i drugih praskavih tvari je *kemijska energija*. — I *toplina* je jedna vrsta energije; dokaži! Topline vrši rad. 1 *kg-kal. predstavlja energiju od 427 kgm!* Energija položaja, energija oblika i kemijska energija zovu se zajedničkim imenom *potencijalna energija*.

Energija kretanja. Kad uteg ure pokreće kolesa, voda mlin, luk strijelu, zapaljeni barut metak, vruća vodena para parostroj, — vidiš svagdje kretanje: potencijalna se energija pretvara u *energiju kretanja* (kinetička energija). Energija se kretanja različito iskorišćuje i opet pretvara u druge vrste energije. Pokaži to na primjerima! Što će biti, kad tareš ruke, kad magnetiziraš željezo, kad trljaš staklen štap, kad dižeš željezni bat (sl. 77.)?

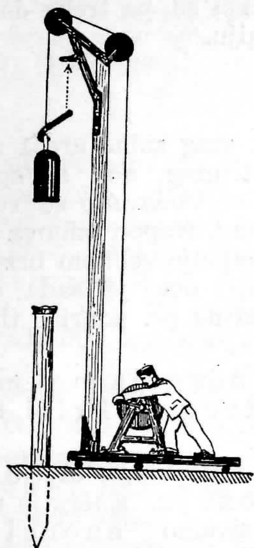
Energija je kretanja tijela to veća, što mu je veća *masa*, t. j. količina tvari. Energija kretanja zavisi još i od brzine: *tijelo dvostruke brzine ima 4 puta veću energiju kretanja, trostruke brzine 9 puta i t. d.*

Vježbe. 1) Navedi, kako se pretvara energija u parostroju, počevši od ugljena pa redom dalje! — 2) Koliku energiju predstavlja 1 kg ugljena, 1 kg nafte? — 3) Koliku snagu predstavlja slap vode, koji baca svake sekunde ½ m^3 vode s visine od 3 m? (500 . 3 = 1500 kgm/sek, a to je 1500 : 75 = ? KS).

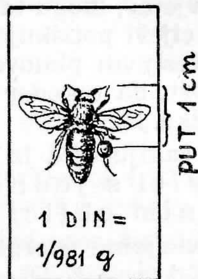
Nove mjere

Pored navedenih jedinica za silu, za rad, za snagu i za učin, koje se zovu *tehničke jedinice*, upotrebljavaju se i druge, novije: *fizikalne jedinice*. U fizikalnom je sustavu jedinica sile 1 *din*, a to je pritisak od 1/981 g, ili otprilike 1 mg. Rad, koji je potreban, da se 1 mg digne 1 cm visoko, zove se 1 *erg* (sl. 78.). 10

milijuna erga slaže se u 1 joule (džaul), a rad od 1 joule-a na sekundu zove se 1 watt.



100 watta = 1 hektowatt;
1.000 watta = 1 kilowatt. Kilowattima mjerimo, naročito, električnu energiju (potrošak električne struje).
1 watt = 0·102 kgm/sek.;
1 kilowatt = 102 kgm/sek.



Sl. 77. Zabijanje stupa: mišićna se energija pretvara u energiju položaja, a ova u energiju kretanja.

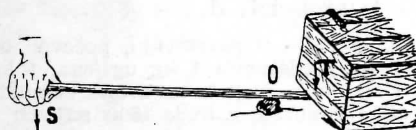
Sl. 78. Zrnce peludi teško 1/981 g (= 1 mg) predstavlja silu od 1 dina; kad ga pčela ponese 1 cm visoko, obavljen je rad od 1 erga.

Vježbe. 1) Koliko je dina 1 kg? Koliko erga 1 kgm? — 2) Pretvori 1 kilowatt u KS! Pretvori 1 KS u kilowatte! (1 kilowatt = 102 kgm/sek. = 102 : 75 = ? KS; 1 KS = 75 kgm/sek = 75 : 102 = ? kilowatta). — 3) Za 1 kilowatt-sat, t. j. za 102 kgm svake sekunde kroz vrijeme od 1 sata, plaćaš, na pr., 4 Kune! Cijena električnoj energiji je malena!

Poluga kao stroj

Što je stroj

Na tlu leži sanduk robe; treba ga podići. Rukama ga ne možeš ni maknuti. Što ćeš uraditi? Odulju ćeš čvrstu motku podmetnuti jednim krajem pod sanduk, a motku poduprijeti kakvim trupčićem, pa pritisnuti na drugom kraju (sl. 79.). I gle! Teški se sanduk diže! Što nisi mogao samim rukama, učinio si pomoću motke: malom silom svladao si velik teret.



Sl. 79. Motkom podižeš sanduk, koji ne možeš golim rukama ni ganuti. T teret, S sila, O oslonac.

Sprave, pomoću kojih manja sila svladava veći teret, zovu se strojevi.

Obična je čvrsta motka jednostavan stroj.

Zakon poluge

Dijelovi poluge. Na motki, koju upotrebljavaš za dizanje tereta, opažaš istu zakonitost kao i na poluzi, koja služi za vagu. Zato se i takva motka zove poluga. Na poluzi, kao i na vagi, razlikuješ dva kraka i oslonac (uporište, sl. 79., O). Što je na vagi roba, to je ovdje težina ili teret; a što su na vagi utezi, to je ovdje mišićna ili kakva druga sila.

Krak, na koji hvata teret, zove se krak tereta (OT), a na koji hvata sila, krak sile (OS).

Ravnoteža na poluzi. Objesi na polugu težinu od 3 kg u daljini 2 dm od oslonca. Da je održiš u vodoravnom položaju, moraš drugu stranu pritisnuti određenom silom. Što je hvatište ruke dalje od oslonca, to ti, da održiš ravnotežu, treba manja sila. Mišićnu silu možeš nadomjestiti i utezima. Mijenjaj i premještaj teret i razmještaj silu, da bude ravnoteža. Potraži zavisnost između tereta, sile i njihovih krakova!

Primjer:

Teret:	3 kg	8 kg	4 kg	6 kg
Krak tereta:	2 dm	3 dm	1 dm	3 dm
Sila:	1 kg	6 kg	2 kg	9 kg
Krak sile:	6 dm	4 dm	2 dm	2 dm

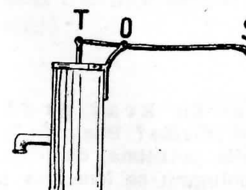
Između četiri pripadne veličine postoji odnos:

Teret . krak tereta = sila . krak sile; ili:
Teret : sili = krak sile : kraku tereta; kaži riječima!

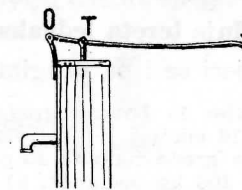
Ako je krak sile manji od kraka tereta, mora sila biti veća od tereta.

Kakvih ima poluga

Dvostrana i jednostrana poluga. Razmotri dobro: Poluga, na kojoj su hvatište tereta i hvatište sile na protivnim stranama oslonca, zove se dvostrana (sl. 80.). Ako su oba hvatišta na istoj strani, poluga je jednostrana (sl. 81.). I jednostrana poluga ima krak tereta i krak sile; krak tereta računa se od oslonca do hvatišta tereta (OT), a krak sile od oslonca do hvatišta sile (OS).



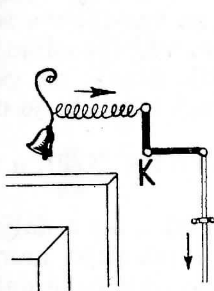
Sl. 80. Primjer dvostrane poluge. O oslonac, T teret, S sila.



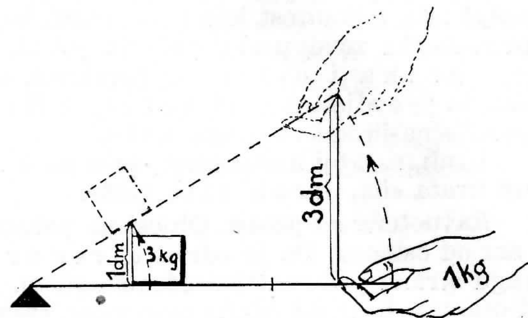
Sl. 81. Primjer jednostrane poluge. Koja je razlika prema onoj na sl. 80.?

Kod jednostrane poluge djeluje sila na istu stranu, kamo se pomiče teret. Kod dvostrane sila djeluje protivno od gibanja tereta.

Kutna poluga (sl. 82.) ima krakove na kut. Pregib ili koljeno (K) služi kao uporište. Primjeri: motika i pijuk (trnokop).



Sl. 82. Primjer kutne poluge. K koljeno, oko kojega se okreće kutna poluga.



Sl. 83. Rad na poluzi: sila triput manja od tereta prevaljuje triput veći put.

Vježbe. 1) Motka od 1 m ima krak tereta 1 dm; koliku silu trebaš, da pomakneš teret od 180 kg? Upotrijebi je kao dvostranu polugu! Istu motku upotrijebi kao jednostranu polugu, a teret i krak tereta neka budu kao i prije! Kolika je sad sila? — 2) Kolika je otprilike najveća sila, koju možeš izvesti na poluzi? (Težina tvoga vlastitog tijela). Koliki bi teret mogao održati težinom svoga tijela na poluzi, kojoj se kraci odnose kao 1 : 20?

Radnja na poluzi

Na jednostranoj poluzi sila od jednog kilograma drži teret od 3 kg. Da digneš teret 1 dm visoko, moraš hvatište sile dići za 3 dm (sl. 83.).

Radnja tereta = 3 kg . 0·1 m = 0·3 kgm

Radnja sile = 1 kg . 0·3 m = 0·3 kgm

Radnja, koju si utrošio na poluzi za dizanje tereta, upravo je tolika, kao da si teret podigao samim rukama.

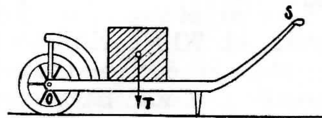
Radnja tereta jednaka je radnji sile.

Uvjeri se i na drugim primjerima!

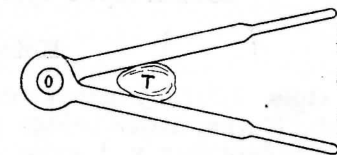
Vježbe. 1) Drvena greda teška je 60 kg. Jedan kraj grede podigao si 10 cm (= 0·1 m) visoko. Koliku si radnju izvršio? Pazi, da li se je težište grede diglo za 10 cm? — 2) Kolika je sila potrebna, da jedan kraj grede od 100 kg podigneš: a) samim rukama, b) polugom sa kracima 1 : 5? (a = 50 kg, b = 10 kg). — 3) Teret od 120 kg digao si dvostranom polugom s kracima 1 : 10 osam cm visoko. Kolika je potrebna sila? (12 kg). Za koliko se spustila sila? (80 cm). Kolika je radnja sile? (12 kg . 0·8 m). Kolika je radnja tereta? (120 kg . 0·08 m).

Oruđe

O r u đ e, kojim se služi čovjek, ponajviše je osnovano na zakonu poluge. Razmotri i pokaži to: na tačkama (sl. 84.), klij eštima

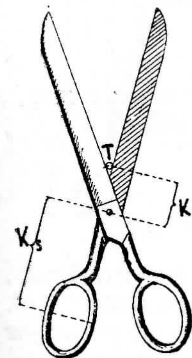


Sl. 84. Tačke kao primjer jednostrane poluge; zašto? Gdje je oslonac? T teret, S sila.

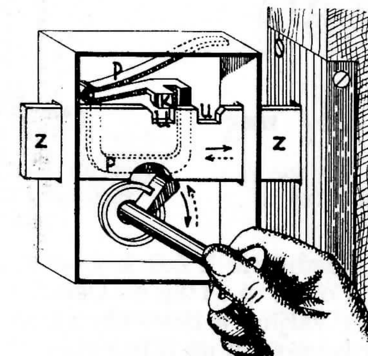


Sl. 85. Kliješta za orahe; kakva poluga? Je li teret u ovom slučaju težina ili kakva druga sila?

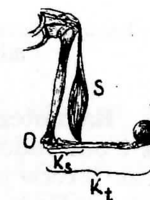
za orahe (sl. 85.), škarama (sl. 86.), ključu (sl. 87.) i na ručicama bunarske sisaljke! I pokretne kosti čovječjega tijela tvore skupinu



Sl. 86. Škare; kakva poluga? Što je teret? Kt krak tereta, Ks krak sile.

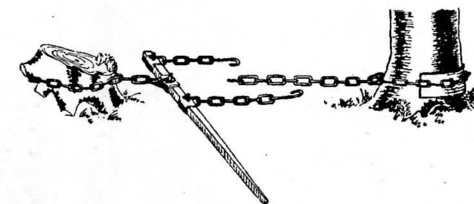


Sl. 87. Ključ u bravi. ZZ zasun brave, PP elastični pridržak, kojemu klinac K ulazi u urez zasuna U. Kad okrećeš ključ, najprije odigneš pridržak, a zatim pomakneš zasun.



Sl. 88. Podlaktica ruke kao poluga; kakva? Objasni značenje slova.

jednostranih poluga, na kojima rade pripeti mišići. Oni dižu dijelove tijela i druge terete (sl. 88.), ili obavljaju kakav drugi posao (čeljusti).



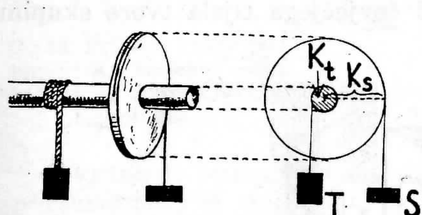
Sl. 89. Poluga za vađenje panjeva. Kako bi radio njom?

Vježbe. 1) Nacrtaj oruđe osnovano na zakonu poluge: lopatu, motiku, veslo i t. d.! Označi uporište, krak tereta, krak sile i objasni djelovanje. — 2) Pokaži isto na bunarskom đermu, na poluzi, kojom gaziš mijeh, kojom vrtiš brus! Prikaži crtanjem balvan ili tram, koji služi pri tiještenju vina. — 3) Objasni rad poluge za vađenje panjeva (sl. 89.).

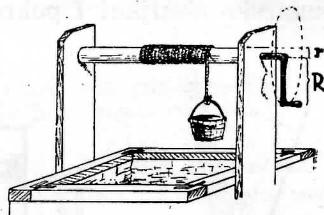
Jednostavni strojevi osnovani na poluzi

Kotač na vretenu

Opis. K o t a č n a v r e t e n u (vratilu, sl. 90.) sastoji se od kotača (točka, kola) većega promjera, na koji je čvrsto usađeno vreteno (vratilo), t. j. valjak manjega promjera. Kotač na vretenu može se vrtjeti oko zajedničke vodoravne osovine. Na vreteno je omotan konop, a na konopu visi teret. Sila djeluje na obodu kotača, vrti ga i namata konop, a teret se diže. — Mjesto kotača može biti r u č i c a (sl. 91.); tada se stroj zove č e k r k. Ako je valjak uspravljen, zove se v i t l o (sl. 92.).



Sl. 90. Kotač na vretenu. Ks krak sile, Kt krak tereta.

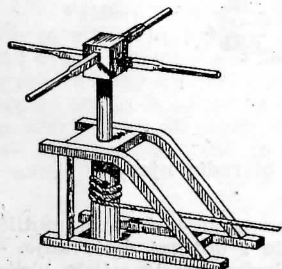


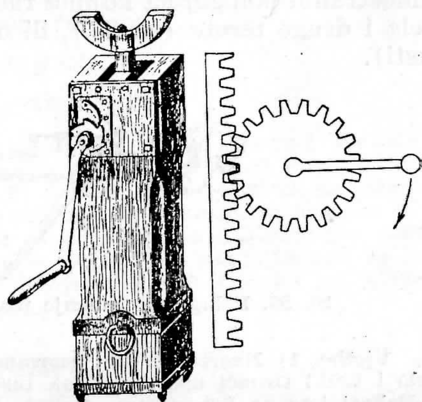
Sl. 91. Jednostavni čekrk s ručicom. R polumjer sile, r polumjer tereta.

Ravnoteža i rad. Razmotriš li čekrk i vitlo, lako ćeš razabrati, da i oni rade po z a k o n u p o l u g e. Oslonac je u središtu osi, krak tereta je polumjer valjka, a krak sile sama ručica ili polumjer kotača. Kaži zakon za ravnotežu na čekrku!

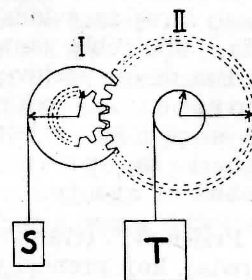
Primjer: Ako je polumjer kotača 4 puta duži od polumjera valjka, dostaje za ravnotežu sila 4 puta manja od tereta. Teret se digne za $^1/_4$ onoga puta, što ga opiše hvatište sile. — Radnja tereta jednaka je radnji sile.

Za podizanje teretnih kola, željezničkih vagona i drugih tereta služi d i z a l o n a č e k r k sa zupčastim obodom (sl. 93.). Teret leži na zupčastoj motki.

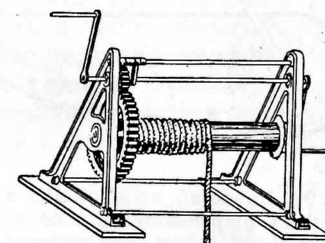

Sl. 92. Vitlo ima uspravljenu osovinu.


Sl. 93. Dizalo na čekrk sa zupčastim kotačem i zupčastom motkom.

Složeni čekrk. Razmotriš li jednostavni čekrk, vidiš da se zapravo sastoji od j e d n e o s i, na kojoj su čvrsto uglavljena d v a k o t a č a: veći i manji. Uzmeš li dvije takve osi, pa m a n j i obod prve osi pristaviš uz v e ć i obod druge osovine, dobio si s l o ž e n i č e k r k (sl. 94.). Na većem obodu prve osi djeluje sila, a na manjem obodu druge osi teret. Vrtnju s jedne osi na drugu prenose zupci na obodu kotača, koji zahvaćaju jedan u drugi. Kotač s nazubljenim obodom zove se z u p č a n i k.

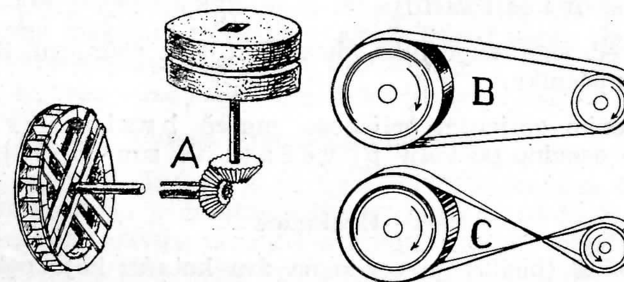


Sl. 94. Složeni čekrk s 2 osovine; na prvoj (I) odnose se polumjeri kao 2 : 1, na drugoj (II) kao 3 : 1. Kako se odnosi sila prema teretu?


Sl. 95. Složeni čekrk sa zupčastim kotačima.

Razmotri složeni čekrk, kod kojega se polumjeri kotačâ na prvoj osovini odnose, na pr., kao 2 : 1, a na drugoj kao 3 : 1 (kao na sl. 94.). Tada u istim odnosima stoje i promjeri i opsezi i brojevi zubaca na obodima pripadnih kotača. Koliki teret može održati u ravnoteži sila od 1 kg? Na prvoj osi: sila od 1 kg na većem obodu ima isti učinak kao sila od 2 kg na manjem obodu. Na drugoj osi: ova 2 kg prenose se na veći obod i drže u ravnoteži triput veći teret na manjem obodu, t. j. 2 . 3 = 6 kg. — Po ovom rasporedu možeš naći odnos između sile i tereta na svakom složenom čekrku.

Složeni čekrk može imati t r i i v i š e o s i. Gdje si vidio u poslu željezni složeni čekrk (sl. 95.)?

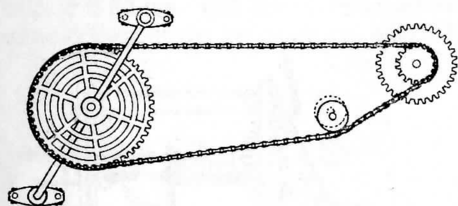


Sl. 96. Razne vrste prijenosa ili transmisije. A prijenos kretanja od vodeničnoga kola do mlinskog kamena pomoću zupčastih glavčina; B i C prijenos remenom; koja je razlika između B i C?

Vježbe. 1) Objasni rad mlinca za prženu kavu! Isto za brus na ručicu! Što je u tim primjerima sila, a što teret? — 2) Bunarsko kolo ima polumjer od 8 dm, a vreteno za konop polumjer od 6 cm. Kolika je sila potrebna, da diže kablić s vodom u ukupnoj težini od 40 kg? Za koliko se digne kablić jednim okretajem kola? Kolika je radnja sile, a kolika radnja tereta pri jednom okretaju?

Prijenos sile

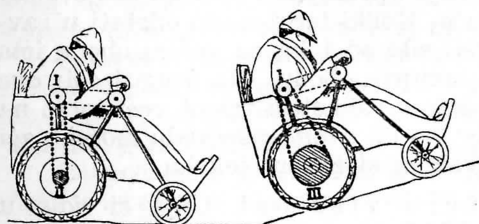
Kolesje. Sve osovine sa svim kotačima (zupčanicima) na čekrku zovu se k o l e s j e. Pored toga, što služi kao stroj za svladavanje tereta, upotrebljavamo kolesje i za druge poslove, i to: za p r i j e n o s o k r e t a n j a s jednoga mjesta na drugo i za p r o m j e n u b r z i n e v r t n j e.



Sl. 97. Pokretač na dvokolici s dvostrukim prijenosom. Što će se promijeniti pri vožnji, ako prijenosni lanac prebaciš s manjega, stražnjega zupčanika na veći?

Prijenos (transmisija) je uređaj, koji prenosi vrtnju s jedne osovine na drugu. Prijenos izvršuju kotači i zupčanici, koji ili izravno zahvaćaju jedan u drugi, ili neizravno posredstvom lanca, remena, konopa, motke sa zupčastim glavčinama i t. d. Prikladnim prijenosom možeš p r o m i j e n i t i po volji m j e s t o, r a v n i n u i s m i s a o vrtnje (sl. 96.).

Omjer prijenosa je broj, koji pokazuje odnošaj između brzinâ vrtnje dviju susjednih osovina na kolesju. Promatraj na dvokolici (biciklu) prijenos s prednjega zupčanika na zadnji. Ako je, na pr., promjer prednjega zupčanika 18 cm, a zadnjega 6 cm, omjer je prijenosa 18 : 6, t. j. 3 : 1. Na jedan okretaj prednjega zupčanika dolaze, u tom primjeru, 3 okretaja zadnjega zupčanika.



Sl. 98. Koja je razlika između prve i druge slike? Gledaj prijenose od I na II i od I na III!

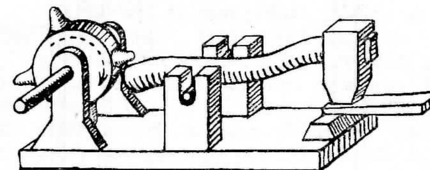
Određenim omjerom prijenosa možeš b r z i n e v r t n j e od osovine do osovine po volji p o v e ć a t i ili s m a n j i t i.

Dvokolica

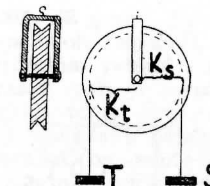
Dvokolica (bicikl) je vozilo na dva kotača, koje pokreće sam onaj, koji se vozi, i to snagom svojih mišića. Što sve vidiš na željeznoj okosnici dvokolice? Čim su obloženi kotači? Kako je namješteno sjedalo? Čemu služi ručni upravljač (»guvernal«)? Razgledaj pokretač (»pedal«)!

Pokretač radi po načelu složenog čekrka. Vozač pritiskuje nogama i okreće nožne poluge (»pedal«). S njima se okreće prvi, veći zupčanik. Lanac prenosi vrtnju s oboda prvoga zupčanika na obod drugoga, manjega, koji je u čvrstom spoju sa zadnjim kotačem dvokolice. Ako je omjer prijenosa, na pr., 3 : 1, na jedan okretaj prvoga dolaze tri okretaja drugoga zupčanika, pa i tri okretaja kotača dvokolice. Uz veći omjer prijenosa, dvokolica se kreće većom brzinom, ali kod toga, dakako, na svaki okretaj nožne poluge vozač troši i više snage.

»Dvije brzine«. Neke dvokolice imaju na zadnjoj osovini d v a n e j e d n a k a z u p č a n i k a, pa mogu voziti, prema potrebi, ili s većim ili s manjim omjerom prijenosa (»d v i j e b r z i n e«, sl. 97.). Takva dvokolica vozi n a r a v n i c i s većim omjerom prijenosa, t. j. na zadnjem kotaču hvata lanac za manji zupčanik. N a u z b r d i c i vozač premetne lanac na veći zadnji zupčanik, pa vozi manjom brzinom. Za veću brzinu ne bi smogao dovoljno snage. Na sličan način mogu mijenjati brzinu vožnje i druga vozila (sl. 98.).



Sl. 99. Rogato kolo pokreće bat; kako?



Sl. 100. Čvrsta kolotura. Sila jednaka teretu; zašto?

Radnja na dvokolici. Isti put prevaljuješ na dvokolici nesamo za kraće vrijeme od pješaka, nego i s manjim potroškom snage. Kako to? Uzmi da pješak, težak 70 kg, svakim koračajem mora podići težište svoga tijela za 3 cm. Radnja potrebna za hodanje, pri svakom koraku, iznosi tada: 70 kg . 0·03 m = 2·10 kgm. Kod vožnje dvokolicom po dobrom vodoravnom putu svladavaš samo trenje valjanja, a ovo je mnogo manje od težine. Uzmi, da je dvokolica zajedno s vozačem teška 90 kg, trenje valjanja da iznosi $^1/_{100}$, a jednom koraku da odgovara dužina od 75 cm! Tada radnja na dvokolici na svaki korak iznosi: $^1/_{100}$. 90 kg . 0·75 m = 0·7 kgm! Koliko je to puta manje nego kod pješaka? Pored toga, tim manjim radom pokrećeš nesamo sebe, nego i dvokolicu!

Vježbe. 1) Objasni rad bata, što ga pokreće rogato kolo (sl. 99.).

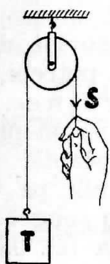
Čvrsta i pomična kolotura

Čvrsta kolotura (kotur) je okrugla p l o č a, koja se dade okretati oko osi, usađena u čvrstom okviru (škrip). Obod je žljebasto urezan. Ako kuku okvira učvrstiš o gredu, a preko oboda prebaciš konop, dobio si č v r s t u k o l o t u r u (kotur, sl. 100.). Na jedan kraj konopa vežeš teret (T), a na drugome vučeš rukom (S). Kad sila vuče dolje, teret se diže.

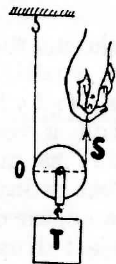
Čvrsta kolotura radi kao dvostrana p o l u g a j e d n a k i h k r a k o v a. Oslonac je u središtu, krak sile je jedan polumjer (Ks),

a krak tereta drugi (Kt). Sila je jednaka teretu. Koliko se skrati konop na strani tereta, za toliko se produži na strani sile (sl. 101.).

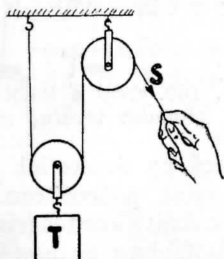
Pomična kolotura. Otkvači okvir s čvrstom koloturom, jedan kraj konopa priveži o gredu, koloturu odozdo opaši konopom, a drugi kraj drži u ruci. Dižeš li svoj kraj konopa, diže se i kolotura. Tako si složio pomičnu koloturu (sl. 102.). Teret vežeš na kuku škripa, što visi. Kad vučeš svoj kraj konopa, diže se teret zajedno s koloturom.



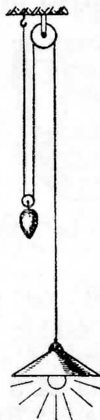
Sl. 101. Rad na čvrstoj koloturi.



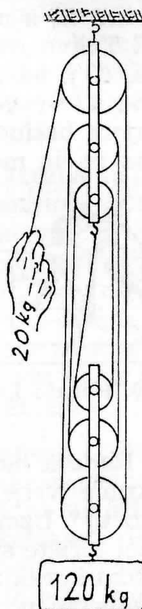
Sl. 102. Pomična kolotura. Sila jednaka polovini tereta; zašto?



Sl. 103. Pomična kolotura složena s čvrstom. Koja je razlika prema sl. 102.?



Sl. 104. Svjetiljka na poteg.



Sl. 105. Koloturnik.

Pomična kolotura radi kao jednostrana poluga. Oslonac je točka na obodu (O), ravno ispod kuke na gredi. Krak sile je promjer, a krak tereta polumjer. Sila je jednaka polovini tereta.

Možeš zaključivati i ovako: Teret zapravo visi o konopu. Jedan kraj konopa učvršćen je o kuku, a drugi je u tvojoj ruci. Zato polovinu tereta drži kuka, a drugu polovinu tvoja ruka. — Teret se digne za polovinu puta, što ga prevali sila. Uvjeri se o tome! Da bi bilo priručnije vući, prebaci se kraj konopa preko čvrste koloture (sl. 103.).

Vježbe. 1) Kakva je korist od čvrste koloture, kad je na njoj sila jednaka teretu? (Teret se kreće smjerom protivnim kretanja sile). — 2) Kako su udešeni crkveni svijećnjaci, što vise sa svoda, ili električne svjetiljke na uzici, da se mogu dizati i spuštati? (sl. 104.).

Koloturnik

Koloturnik (sl. 105.) je složen od dva okvira, s jednakim brojem kolotura na svakom (2 i 2, 3 i 3, i t. d.). Gornji je okvir učvršćen o gredu, na donji se veže teret. Oba su okvira spojena konopcem. Konopac ide od kuke gornjega okvira, do prve koloture donjega okvira, s ove na prvu gornju, pa na drugu donju i tako redom. Slobodan kraj konopa ide s posljednje gornje koloture i držiš ga rukom.

Na koloturniku, koji ima ukupno 6 kolotura, visi teret na šestorostrukom konopu. Svaki dio konopa nosi $^1/_6$ tereta, pa je i sila, koja drži kraj konopa jednaka $^1/_6$ tereta. Teret se digne za $^1/_6$ onoga, koliko se produži konop na strani sile. Na koloturniku s ukupno 4 koloture sila je jednaka $^1/_4$ tereta, ako ih ima 8, onda $^1/_8$ i t. d.

Vježbe. 1) Na koloturniku od 8 kolotura visi greda teška 600 kg. Kolika je sila potrebna za dizanje? Koliko bi ljudi trebalo za dizanje te grede?

Arhimedovi pronalasci

Grk Arhimed bio je najznamenitiji učenjak staroga vijeka. Što znaš o Arhimedovu zakonu za tijela uronjena u tekućinu? Što znaš o Arhimedovu zakonu za plivanje tijela?

Arhimed je posljednje godine svoga života proveo u gradu Sirakuzi na Siciliji, u službi kralja Hijerona, za vrijeme t. zv. punskih ratova.

Vladar Sirakuze, kralj Hijeron, dade jednom sagraditi veliki ratni brod, veslaricu obloženu olovnim pločama. Kad je bila gotova, nisu je mogli rinuti u more. Toliko je bila teška. Tada Hijeron naredi Arhimedu, da izmudri, kako da brod dospije u more. Arhimed sastavi koloturnik i njim lako potegne brod u more. Ali nesamo to! Da pokaže silu svoga koloturnika, on izvuče brod na obalu i ponovo ga vrati u more. Zadivljeni građani, a među njima i njihov vladar, čudili se tome. »Dajte mi čvrstu točku izvan Zemlje, — tako kažu, da je odgovorio Arhimed, — pa ću i samu Zemlju pomaći iz njenih stožera!«

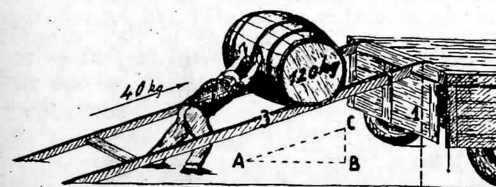
Osim ovoga Arhimed je izumio t. zv. beskrajni vijak, zupčaste kotače, spravu za crpljenje vode i druge stvari.

Kad su Rimljani opsjedali Sirakuzu s kopna i s mora, branili su se Sirakužani tri godine pomoću ratnih strojeva i bacala, koje je izumio Arhimed. Napokon provali neprijatelj u gradske ulice. I ne znajući za provalu, sjedio je Arhimed u to vrijeme u svojoj sobi i, zadubljen u neki zadatak, crtao palicom po pijesku likove i krugove. Iznenada ugleda pred sobom rimskoga vojnika s podignutim mačem u ruci. — »Ne diraj mi u krugove!« kažu, da su bile posljednje Arhimedove riječi. Vojnik, ne poznavajući Arhimeda, posiječe ga.

Jednostavni strojevi na osnovi kosine

Kosina

Kosina kao stroj. Bačvu ulja ne možeš golim rukama dići na kola. Ali kad nasloniš na koso dvije usporedne grede, teret po njima valjaš dosta lako s tla na kola (sl. 106.). Ovakva se jednostavna sprava zove kosina.



Sl. 106. Kosina kao jednostavni stroj. AB osnovka, BC visina, AC dužina kosine.

Svaka se kosina u svom jednostavnom nacrtu može smatrati pravokutnim trokutom, kojemu je jedna stranica vodoravna i zove

se osnovka (AB), druga je uspravna: visina (BC), a treća, po kojoj se teret valja: dužina kosine (AC). Omjer između visine i dužine zove se uspon, ili pad kosine ($^1/_3$). — Dok turaš bačvu uporedo sa dužinom kosine, nemaš na dlanovima cijele težine tereta. Nešto nosi kosina, a nešto dlanovi. Ako je uspon kosine $^1/_3$, dlanovi nose $^1/_3$ tereta. Uvjeri se o tome!

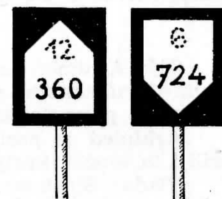
Kaži zakon za ravnotežu na kosini!

Koliko se puta visina kosine nalazi u dužini, toliko je puta sila manja od tereta. Ili: Na kosini je ravnoteža, ako se sila odnosi prema teretu, kao visina kosine prema dužini.

Primjer: Koliku silu trebaš za bačvu tešku 100 kg, na kosini visokoj 1 m i dugoj 5 m (uspon $^1/_5$)? Dosta je sila od 20 kg; zašto? ($^1/_5$ od 100 kg = 20 kg). — Računaj rad na kosini! Na dužini od 5 m izvrši sila rad od 20 kg . 5 m = 100 kgm; toliko bi utrošio rada, da si bačvu digao i izravno golim rukama: 100 kg . 1 m = 100 kgm.



Sl. 107. Na prvom kraku čitaš ovo: Put se spušta u naznačenom smjeru na dužini od 262 m s padom od $14^0/_{00}$, t. j. na svakih 1000 m spusti se 14 m. Čitaj oznake na drugim krakovima.



Sl. 108. Drugi način označivanja uspona (lijeva ploča) i pada (desna). Gornji broj znači uspon ili pad u $^0/_{00}$, donji dužinu u m, za koju vrijedi naznačeni uspon ili pad.

Ceste i željezničke pruge, što se uspinju također su kosine. Uspon ceste ne smije biti veći od 5% (= $^5/_{100}$). Zašto brdski putovi zavojito vijugaju? Željeznička pruga, koja ima uspon $2^0/_{00}$ (= $^2/_{1000}$), uspinje se za dva metra na svakih 1000 m. Kako označuju uspon i pad željezničkih putova? (sl. 107. i 108.). I stube ili stepenice su kosina. Odnošaj visine prema dužini pokazuje ti presjek kroz jednu stepenicu. Teret je težina tvoga tijela, kad hodaš uz stepenice. Koju dobru, a koju lošu stranu imaju položitije stepenice?

I korito rijeke je kosina s malim padom. Veći pad imaju bujice.

Vježbe. 1) Bi li mogao sâm uzbrdo odvaljati bačvu od 120 kg na kosini 4 m dugoj a 1 m visokoj? Kolika je sila potrebna? — 2) Zašto ne treba posebne sile, da se drže kola na cesti vrlo malenoga uspona? Koja ih sila drži: (Trenje; ono iznosi $^1/_{50}$ do $^1/_{20}$ težine kola). — 3) Kola su teška 1000 kg, uspon ceste je $^1/_{25}$. Kolika je sila potrebna, da ih drži u ravnoteži? (40 kg, ali zbog trenja i manje; zašto?). — Kolika je sila potrebna, da ih vuče uzbrdo? (Bez trenja 40 kg, ali zbog trenja sada više; koliko otprilike?). — 4) Kolikom silom vuče lokomotiva kola na pruzi s usponom 2/1000, ako je cio vlak težak 250 tona? Na trenje računaj u tom slučaju $^1/_{200}$! — 5) Najveći dopušteni uspon željezničke pruge iznosi $25^0/_{00}$! Nacrtaj ga!

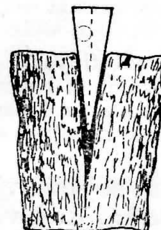
Klin

Obični klin. Klin je zaoštreno čvrsto tijelo (sl. 109.). Plohe što zatvaraju oštricu, zovu se bokovi, a plohe nasuprot oštrici — čelo klina. Sila udara o čelo, a teret upire o bokove.

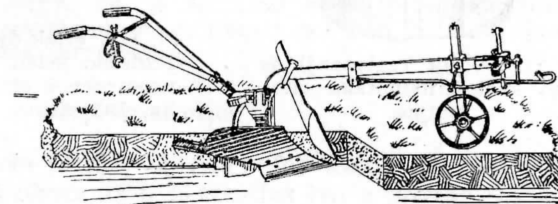
Klin djeluje kao kosina: što je tamo visina, to je ovdje čelo, a što je tamo dužina, to je ovdje bok. Razlika je u tom, što je, kod kosine, sama kosina na miru, a teret se kreće po njoj, dok je kod klina, u neku ruku, obrnuto; kako to?

Što je manje čelo prema boku, klin je oštriji. Što je klin oštriji (tanji), to manju silu trebaš, kad njim radiš.

Klin podbijaš pod grede i druge teške predmete, kad ih treba malo podići. Njim kalaš drvo, razbijaš kamen. Plug, lopata, sjekira, nož, dlijeto, čavao, igla djeluju kao klin. Ptice i ribe imaju oblik klina; zašto?



Sl. 109. Klin je kao pomična kosina.



Sl. 110. Plug kao najkorisnija primjena klina, odnosno kosine. Kako se zovu pojedini sastavni dijelovi?

Plug, u koji se zaprežu konji ili volovi, zove se sprežni plug (sl. 110.), a ako ga vuče stroj — strojni plug. Po broju plužila, može plug biti jednobrazdan, dvobrazdan i višebrazdan. Strojni plugovi uvijek su višebrazdni.

Što znaš o običnom, sprežnom, jednobrazdnom plugu? Opiši dijelove!

Najstariji izumi. Pronalazak pluga smatraju jednim od najvažnijih izuma prastaroga doba; zašto? Pored pluga, računaju kao važne još ove izume: 1) pečenje zemljanoga posuđa, 2) kotač i njegova primjena na kolima, 3) pismo i pisanje.

Vježbe. 1) Budak (pijuk) rudara služi istodobno kao klin i kao kutna poluga. — 2) Kljun ptica usporedi sa škarama! Gornji pobočni rubovi idu uz donje.

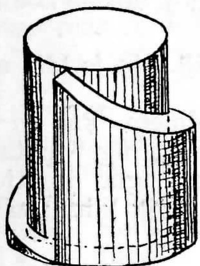
Vijak

Obični vijak je čvrsta kosina zavojito namotana oko valjkaste osovine (sl. 111.). Pomoću poluge (kola ili ručice) okrećeš vijak oko osovine, i on se tako pomiče i poput klina svladava teret. Jednim okretom vijak se pomakne u pravcu osovine za toliko, koliko iznosi razmak od navoja do navoja.

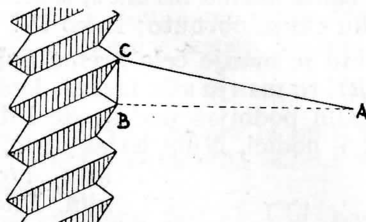
Za rad je potrebna to manja sila, što je deblja osovina i što su bliže navoji vijka (sl. 112.).

Matica. Vijak ima brojne primjene. Njim tiješti gospodar sok iz voća i grožđa, stolar steže daske, a knjigoveži služi tijesak na vijak (sl. 113.) kod uvezivanja knjiga. Kod toga, za vođenje vijka potrebna je t. zv. matica. Matica je komad željeza ili drveta, u kojima je izbušena valjkasta šupljina, zavojito izbrazdena s unutarnje strane. Matica služi vijku kao uporište.

S v r d l o, koje buši drvo, također je vijak s naoštrenim zavojima.

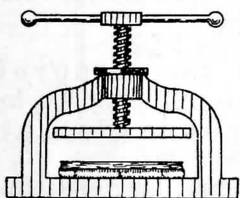


Sl. 111. Vijak (zavrtanj) je kao kosina namotana oko valjka.

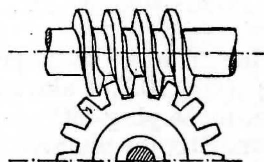


Sl. 112. Vijak djeluje kao okretljiva kosina. Nadesno jedan navoj razvijen u ravninu i uspoređen s običnom kosinom: AB osnovka, BC visina, AC dužina navoja-kosine.

Beskrajni vijak (sl. 114.) je valjak, oko kojega se obavijaju izbočeni navoji, a ovi zahvataju u zupčasto kolo čekrka. Kad vijak vrtiš, okreće se i kolo čekrka. Rad beskrajnoga vijka zavisi, uz ostalo, od promjera valjka i od promjera kola; kako?



Sl. 113. Tijesak za knjige.



Sl. 114. Beskrajni vijak primjenjuje se kod složenog čekrka i drugdje.

Vježbe. 1) Što znaš o m i k r o m e t a r s k o m vijku za mjerenje sitnih debljina? Nožice nekojih sprava vijci su, kojima se sprave postavljaju u određeni položaj. — 2) Širokim čeličnim svrdlima buše koru Zemlje na stotine metara u dubljinu. Kako to može biti? Svrdao je učvršćen na željeznoj motki dugačkoj oko 6 m. Kad je prva motka u zemlji, naviju na nju drugu pa buše dalje i t. d.

Pogonski vijci

Brodski i zrakoplovni vijak (propeler, elisa, sl. 115.) mogu se smatrati svrdlovima, koji se brzo ubušuju u vodu, ili u zrak, pa sa sobom turaju ili vuku i ono, na čemu su utvrđeni; oni spadaju među p o g o n s k e v i j k e.

Okretanje takvih vijaka mora biti m n o g o b r ž e nego kod običnog svrdla; zašto? Otpor vode i zraka razmjerno je malen. Velikom brzinom vrtnje i povećanim plohama navoja (»krila«) povećava se otpor sredstva, pa tako vijak može uspješno djelovati.

Zašto iz slobodnoga čamca na mirnoj vodi ne možeš uspješno gurati drugi veći brodić, koji je uz čamac? (Nema dovoljno čvrstoga uporišta). — Zašto se ne miče čamac, ako veslom v r l o p o l a g a n o vučeš kroz vodu? (Preneznatan otpor veslu, nedovoljno uporište). Rastumači tim i potrebu, da se brodski, a pogotovu zrakoplovni vijak mora veoma brzo okretati.

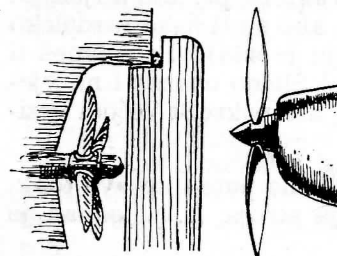
Brodski su vijci od bronce, a kod velikih brodova mjere po 5 i više metara u promjeru, uz težinu od nekoliko tona. Zrakoplovni su vijci složeni od slojeva žilavog tvrdog drveta.

Nešto iz povijesti vijka. Primjena vijka za pogon brodova proizašla je od više izumilaca. Nijemac R e s s e l pravio je godine 1829. u luci Trsta pokuse s brodskim vijkom. Kod toga mu po nesreći pukne parni kotao i ubije nekoliko ljudi, pa vlasti zabrane dalje pokuse. Poslije tri godine uze Francuz S a u v a g e (S o v a ž) zaštitu na sličan izum, no nešto zbog siromaštine, a nešto radi neshvaćanja okoline, ni on ga nije ostvario. Najviše uspjeha imao je godine 1837. Englez S m i t h. On je na krmi svoga broda pod vodom utvrdio širok vijak i sretnom plovidbom po Kanalu pokazao, da se ta sprava može upotrijebiti kod pogona parobroda.

Otpremni vijci

Otpremni vijak je takva sprava, koja otprema ili prenosi zrak, vodu, a i čvrsta sipka tijela s jednoga mjesta na drugo.

U kućanstvu se često služimo s t r o j e m z a s i t n j e n j e m e s a. U nj stavljamo komade mesa, a njih zahvaća kovni vijak, koji se okreće na mjestu oko svoje osovine. Meso se pomiče među navojima do drugoga kraja vijka, gdje ga režu oštrice, koje se okreću.



Sl. 115. Brodski i zrakoplovni vijak.



Sl. 116. Spužni vijak za otpremu žita u velikim žitnim spremištima.

Spužni vijak (sl. 116.) sastoji se od žlijeba, u kojemu se okreće zavojiti vijak od lima. Sprava otprema žito s jednoga kraja žlijeba na drugi. Žlijeb je vodoravan, ili s malim usponom.

Arhimedov vijak je odug, šupalj valjak, u unutrašnjosti zavojito ispregrađen. Donjim krajem treba ga zaroniti koso pod vodu. Kad ga okrećeš, diže se voda po zavojima i istječe na gornjem kraju. Arhimedov vijak obično služi za navodnjivanje polja uz rijeke i potoke.

Ventilator je okretljiv vijak sa širim krilima. Služi za vjetrenje radionica, za odstranjivanje štetnih para i plinova u veleobrtnim prostorijama i t. d.

Zlatno pravilo stroja

Jednostavni i složeni strojevi

Jednostavni strojevi. Poluga, čekrk, čvrsta kolotura, pomična kolotura i koloturnici j e d n o s t a v n i su s t r o j e v i, osnovani na zakonu poluge. Kosina, klin i vijak osnovani su na zakonu kosine.

Složeni strojevi. Ura, stroj za šivanje, parostroj i druge sprave, koje obavljaju različite poslove za potrebe čovjeka, zovu se složeni strojevi. Oni su složeni od jednostavnih strojeva, a pokreće ih mišićna sila čovjeka ili životinje, ili koja druga sila (voda, vjetar, vodena para, elektricitet). U ratarstvu, obrtu i veleobrtu, strojevi obavljaju poslove, koji se, za današnje potrebe, ne bi nikako mogli obaviti samim čovječjim rukama.

Zlatno pravilo stroja

Svojstva stroja. Razmatraš li djelovanje svakoga od jednostavnih strojeva, razabireš, da na njemu manja sila svladava veći teret, ali da je zato staza, po kojoj sila djeluje, toliko puta duža od staze tereta, koliko je puta teret veći od sile. Teret se pokreće manjom brzinom od sile.

Katkad na stroju i veća sila svladava manji teret; onda se teret pokreće velikom brzinom. Tako na pr. kad željeznim vilama prebacuješ sijeno, trebaš manje sile, ako su ti šake razdaleko (šaka na sredini je uporište, a ona na kraju je sila). Primakneš li drugu šaku bliže kraju, teže je, ali ide brže! Slično opažaš i na vjetrenici za čišćenje žita od pljeve, gdje se lopate pokreću većom brzinom nego ručica. Isto na kolesju ure!

Rad je sile na stroju (umnožak sile i njezina puta) upravo tolik, kao da je obavljen posao bez posredovanja stroja (t. j. jednak je umnošku tereta i njegova puta).

Zlatno pravilo za rad stroja kaže: Strojem možeš štedjeti na sili ili na putu, ali ne na radnji. Koliko si dobio na sili, toliko si izgubio na putu, odnosno na vremenu.

Mala sila svladava velike terete: teret se kreće polako.

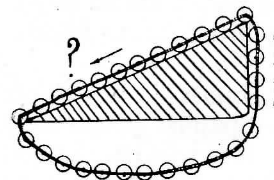
Velika sila svladava male terete: teret se kreće brže.

Rad sile jednak je radu tereta.

Upotrebom prikladna oruđa i strojeva bolje se iskorišćuje radna sposobnost čovjeka i životinje. Mišići najbolje rade kod određene srednje opterećenosti. Zato se pomoću strojeva teški tereti svladavaju manjom, silom, a suviše laki većom — uz dobitak na brzini rada.

Perpetuum mobile

Svojstvo stroja, da malom silom svladava velik teret ili veliku silu, zavela je mnoge ljude na pomisao, da bi se dao sastaviti stroj, koji bi se, jedamput pokrenut, sam dalje pokretao i još obavljao koristan posao. Tako zamišljenu spravu prozvali su **»perpetuum mobile«.**



Sl. 117. Pomičan lanac na kotačićima, prebačen ovako preko kosine. — kako će se gibati?!

Pa zar nije vodenični mlin takav perpetuum mobile«? On se okreće »sam o sebi« i uzato melje brašno. Nije. To bi bio istom onda, kad bi taj mlin vodu, koja pokreće kolo, dizao natrag nad kolo svojom vlastitom snagom. Pa tko onda diže vodu u rijekama? Sunce!

Pripovijeda se, da je pariški urar Schwilgué, za cara Napoleona načinio džepnu uru, koju nije trebalo navijati, ali uz uvjet, da vlasnik nosi uru uvijek sa sobom. Kako to može biti? Na uri je bila spravica tako udešena, da se ura navijala kretanjem čovjeka. Dakle, ni ta ura nije bila »perpetuum mobile«; zašto? Primala je rad izvana. — Uzmi klas ječma pa ga naopačke zatakni odozdo između rukava košulje i kaputa, i hodaj s njim neko vrijeme. Klas se uspne uz ruku do pazuha. Tko ga je digao? Gibanje tvoje ruke.

Netko je zamislio slobodnu kosinu, a preko nje prebačen lančast okrug od pokretljivih željeznih kotačića (sl. 117.). Takav će se okrug — tako je umovao »izumilac«, — neprekidno kotrljati niz kosinu, jer će uvijek biti više kotačića na dužini kosine nego u visinu, a gdje ih je više, tamo preteže. Ali ne! Prebaci takav okrug preko kosine, i on ne će krenuti ni lijevo ni desno; zašto? U smjeru dužine kosine ne djeluje cijela težina tereta, nego samo jedan dio.

»Perpetuum mobile« se ne može sastaviti, jer: nijedan stroj ne može povratiti više rada, nego je u nj uloženo (zlatno pravilo za rad stroja). Zapamti to! Izvedi: Što bi bilo, kad to pravilo ne bi vrijedilo?

Korisni rad stroja

Da pokreneš makar i neopterećenu polugu, čekrk, koloturnik, trošiš nešto rada. Na što? Na trenje i otpor i na dizanje nekih dijelova stroja. To je nekorisni rad, ili rad naprazno. Sav dakle rad, što ga ulažeš u stroj, dijeli se na nekorisni i korisni rad.

Nekorisni rad = trenje + pokretanje samoga stroja.

Rad sile = nekorisni rad + korisni rad.

Trenje na stroju smanjuju, što se više može (kuglični i valjčani ležaji, podmazivanje).

Vježbe. 1) Radnik nosi vreću žita tešku 80 kg u spremište na visinu od 4 m. Koliko obavi korisnog, a koliko nekorisnoga rada? (Nekorisni rad je rad, što ga troši na dizanje vlastitoga tijela). Što ćeš računati u nekorisni rad, ako radnik obavi isti posao pomoću koloturnika?

Nauka o svjetlosti (optika)

Rasprostiranje svjetlosti

Osnovni pojmovi

Izvori svjetlosti. Iz Sunca, iz vatre, iz zapaljene svjetiljke i električne žarulje izbija svjetlost. Sunce, vatra, svjetiljka, izvori su svjetlosti. Svjetlost je uzrok, da vidiš predmete i stvari oko sebe. Iz svjetlosnih izvora pada svjetlost na predmete, a s njih

dospijeva u oko. Da bi predmet vidio, treba da s njega dolazi svjetlost u oko. Svjetlost je obično bijela, ali može biti i žuta, zelena, crvena i t. d.

Tijela prema svjetlosti. Zrak, voda, staklo propuštaju svjetlost; oni su p r o z i r n a t i j e l a. Mutno staklo, list papira propuštaju samo jedan dio svjetlosti: to su p r o z r a č n a t i j e l a. Tijela, koja ne propuštaju ništa svjetlosti, zovu se n e p r o z i r n a.

U zračnim slojevima, koji su uz površinu Zemlje, ima mnogo raznovrsnih neprozirnih čestica (praha, dima i t. d.). Kad je Sunce nisko na obzorju, prolazi svjetlost kroz te slojeve, i zato oslabi sjaj Sunca. Staklo gubi prozirnost, ako mu se površina ohrapavi. Vrlo tanki listići zlata i drugih neprozirnih tijela ponešto propuštaju svjetlost.

Ispitivanje jaja, jesu li s v j e ž a i l i n i s u, možeš pokušati pomoću jake svjetlosti. Uzmi svježe jaje među ruke i metni ga na oko prema Suncu. Prozračno je. Bjelance pokvarenoga jajeta zamućeno je, i zato potpuno neprozračno. — Opiši električnu žarulju, kojom na sličan način ispituju jaja!

Isto tako dobro je, da pomoću svjetlosti ispitaš jaja, koja si nasadio pod kvočku, ili si ih metnuo u ormar za leženje pilića (inkubator). Pazi, u čemu je stvar! Kad si promatrao stučena jaja, mogao si opaziti, da neka od njih imaju na žumancetu još i posebnu okruglu pločicu u veličini zjenice oka, t. zv. »oko« ili zametak. Neka, opet, od stučenih jaja nemaju toga zametka. Jaja sa zametkom oplođena su. Jaja bez zametka nisu oplođena. Samo iz oplođenih jaja mogu se izvaliti pilići ispod kvočke.

Svježe i ujedno o p l o đ e n o jaje ne možeš raspoznati od n e o p l o đ e n o g a, dok su pod ljuskom. Ali možeš raspoznati jedno od drugoga, ako ih ispituješ pomoću svjetlosti, 5 do 6 dana, kako je već kvočka na njima sjedila. Takva jaja promatraj prema svjetlosti Sunca ili prema plamenu svjetiljke, 10 cm ispred plamena, i to prema širini, a ne prema dužini jajeta. Neoplođeno jaje izgleda jasnije i prozračnije. U oplođenom jajetu vidiš mutnu tamniju pjegu i mnogobrojne krvne žilice, razgranjene po cijelom jajetu. Tamnija pjega potječe od zametka pilenceta, koje se je već počelo razvijati. Tako možeš odmah na početku odstraniti ispod kvočke neoplođena jaja. Ona još u to vrijeme nisu pokvarena, pa ih, skuhana i skosana, možeš dati živadi za hranu.

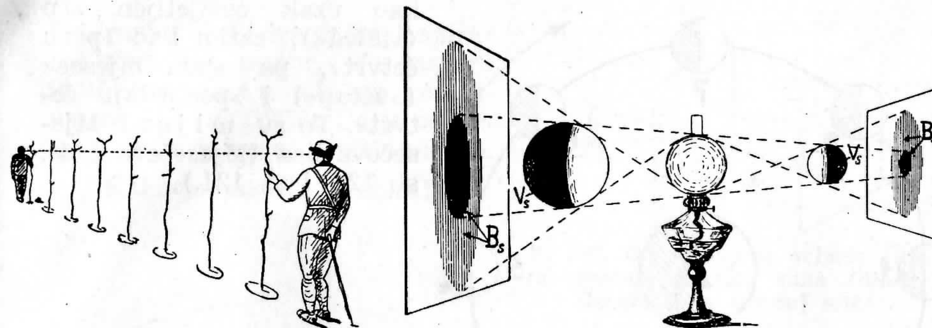
Umjesto da, pri ispitivanju prema svjetlosti, držiš jaje među rukama, lagodnije ga je promatrati na rupu, koju si izrezao u k o m a d u l j e p e n k e (debeli, neprozračni papir). Rupa neka ima promjer kao žumance jajeta.

Vježbe. 1) Što znači u prometu vozilima svjetlost različnih boja? (Crveno: stoj, ne prolazi!, — zeleno: prolazi oprezno!, — bijelo: prolaz slobodan!). Brodovi, kad plove noću, imaju na desnom boku zeleno svijetlo, na lijevom crveno; zašto? — 2) Gledaš li bez pripreme kvašćeve gljivice u sitnozoru (sprava za povećavanje), teško ih opažaš, jer su gotovo potpuno providne. Da bi ih dobro uočio, treba bojadisati ili njih ili sredstvo, u kojem se nalaze. Tako se radi i pri promatranju bakterija (što su bakterije?).

Širenje svjetlosti

Zrake svjetlosti. Savij od papira usku cijev i gledaj kroz nju na plamen svijeće. Plamen vidiš, dok je cijev ravna; kad je iskriviš, ne vidiš ga. Isto ga tako ne vidiš, kad u pravac između oka i plamena postaviš kakvo neprovidno tijelo. Što zaključuješ iz toga, s obzirom na rasprostiranje svjetlosti?

Svjetlost se rasprostire na sve strane u pravcima. Ovi se pravci zovu zrake svjetlosti.



Sl. 118. Stabalca su u pravcu, ako se pokrivaju; zašto?

Sl. 119. Potpuna sjena (tamno) i polusjena (iscrtkano). Vs vlastita sjena, Bs bačena sjena.

Trasiranje pravca, na pr., kad zasađuješ red stabalaca (sl. 118.), osniva se zapravo na svojstvu svjetlosti, da se rasprostire u pravcima. Najprije označiš s dva razmaknuta, uspravna kolčića dio zamišljenog pravca; zatim se odmakneš, sastaviš kolčiće okom, pa paziš, da tvoj pomoćnik zabode treći točno u zamišljeni pravac, ili u njegovo produženje. Kolčići su u pravcu, kada vidiš, da se pokrivaju.

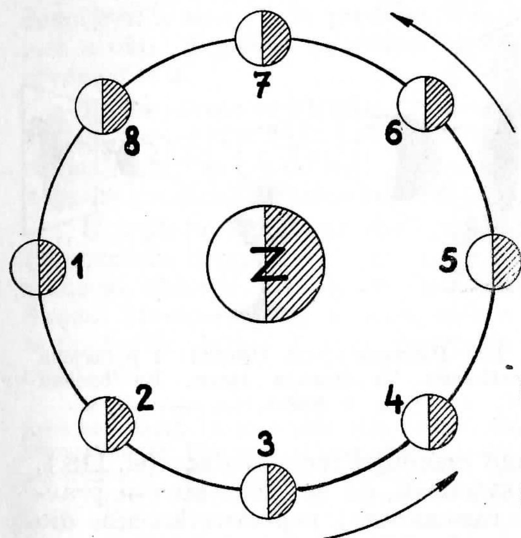
Vježbe. 1) Pusti u zamračenu sobu pramen sunčane svjetlosti. Po rasvijetljenim česticama praha vidiš, da se svjetlost rasprostire u pravcu. — 2) Kako ispituješ, da li ti je ravan brid ravnala?

Svjetlost i sjena

Vrste sjene. Tamni se prostor iza osvijetljenog, neprovidnog tijela zove s j e n a. Onaj dio površine osvijetljenoga tijela, na koji ne dopiru zrake svjetlosti, zove se v l a s t i t a s j e n a (sl. 119., Vs). Ako iza osvijetljenoga tijela namjestiš zaslonac od papira, vidiš tamnu plohu: b a č e n a s j e n a tijela (Bs). Pomnjivije motri bačenu sjenu! Srednji dio je tamniji; zašto? To je p o t p u n a s j e n a; s krajeva je p o l u s j e n a. U prostor, gdje je potpuna sjena, ne dopire n i j e d n a zraka s izvora svjetlosti. Kad gledaš iz potpune sjene prema izvoru svjetlosti, ne vidiš ga nimalo; iz polusjene vidiš jedan dio.

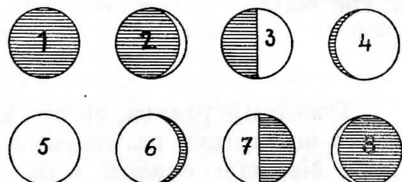
Dan i noć. Jednu polutku zemaljske kugle osvjetljuje Sunce i na njoj je d a n; druga je u sjeni i na njoj je n o ć. Vrtnjom Zemlje izmjenjuju se noći s danima. Pokaži to na lopti, na jajetu! Po zalasku Sunca vidiš, gdje se s istočnog obzorja diže prema nebeskom svodu sinja pruga, koja biva sve šira: s j e n a Z e m l j e. Kako se Sunce spušta pod obzorje, tako se sjena Zemlje sve više penje.

Mijene Mjeseca. Mjesec je tamno nebesko tijelo. S jedne ga strane obasjava Sunce. Kretanjem Mjeseca oko Zemlje, dospijeva Mjesec u različite položaje prema Suncu i Zemlji: jedamput ga vidiš



Sl. 120. Mjesec (1 do 8) u različnim položajima prema Zemlji (Z) i Suncu. Odakle udara svjetlost Sunca?

kao uzak osvijetljen srp (»mlađ«), zatim kao »prvu četvrt«, pa »pun mjesec« (»uštap«) i »posljednju četvrt«. To su m i j e n e Mjesečeva lica (Mjesečeve faze, sl. 120. i sl. 121.).



Sl. 121. Različna lica Mjeseca; gledano sa Zemlje. Brojevi odgovaraju položajima prema sl. 120. — 1: mlađ, 3: prva četvrt, 5: uštap, 7: druga četvrt.

Za koje vrijeme Mjesec obiđe Zemlju?

Pomrčina Sunca. Kad Mjesec (sl. 122., M) u svom kretanju oko Zemlje (Z), dođe u p r a v a c između Zemlje i Sunca (S), nastaje pomračenje sjajnoga sunčanoga tijela: p o m r č i n a S u n c a. Pokaži sa svijećom i sa dvije lopte! Mjesečeva sjena pada na Zemlju, a gledalac, koji gleda iz te sjene prema Suncu (kroz začađeno staklo!), vidi crnu Mjesečevu ploču, gdje zastire Sunce. Iz p o t p u n e s j e n e ne vidiš ni jednoga dijela površine Sunca (p o t p u n a, t o t a l n a p o m r č i n a), a iz polusjene vidiš samo jedan dio (d j e l o m i č n a, p a r c i j a l n a p o m r č i n a). Pomrčina Sunca može nastati samo za vrijeme mlađaka.

Pomrčina Mjeseca. Kad Zemlja dođe u pravac između Sunca i Mjeseca, pada sjena Zemlje na Mjesec i nastaje pomrčina Mjeseca. Pokaži sa svijećom i loptama! Blijeda Mjesečeva ploča vidi se pepeljasta i mrkocrvena. I pomrčina Mjeseca može biti ili potpuna ili djelomična, a nastaje samo za vrijeme uštapa.

Kad bi se Mjesec kretao oko Zemlje u istoj ravnini, u kojoj se kreće Zemlja oko Sunca, bila bi svakih 14 dana po jedna pomrčina.

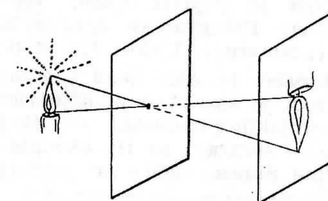
Vježbe. 1) Gledaj sjene istoga predmeta, koji je osvijetljen s dva izvora svjetlosti! Gledaj, kako se križaju dvije sjene! — 2) Pazi, po kalendaru, na pomrčine Sunca i Mjeseca, i promatraj ih!

Svjetlost — vjerni slikar

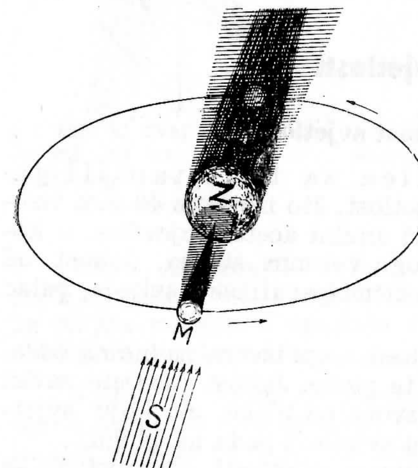
Predmet i slika. U tamnoj sobi zapali svijeću, postavi pred nju list papira, koji ima u sredini rupicu, kolika je otprilike zjenica oka.

Iza rupice drži drugi list papira; taj služi kao zastor. Na zastoru vidiš o b r n u t u s l i k u plamena svijeće (sl. 123.). Dalje od rupice slika je veća, a bliže manja.

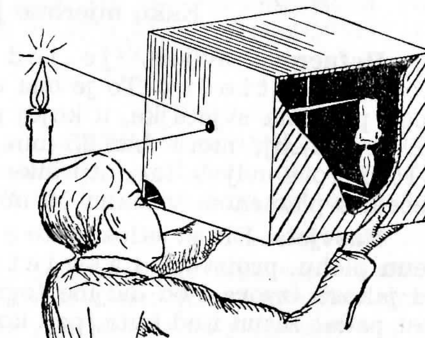
Kako je nastala ta slika?



Sl. 123. Od zapaljene svijeće (lijevo) nastaje obrnuta slika (desno). Izvedi to u tamnoj sobi!



Sl. 122. Kako nastaje pomrčina Sunca i Mjeseca. S zrake Sunca, M Mjesec, Z Zemlja.



Sl. 124. Tamna komorica (kamera opskura). Načini je sam prema ovoj slici!

Iz svakoga dijela plamena izbijaju na sve strane zrake svjetlosti. Promatraj zrake s vrška plamena! Jedan uzak pramečak svjetlosti prolazi pravcem kroz rupicu, udara na zaslonac i ondje pravi svijetlu točku, koja odgovara vršku plamena. Na isti način nastaju na zasloncu, jedna do druge, točke ostalih mjesta plamena. Sve svijetle točke na zasloncu sastavljaju obrnutu sliku plamena. — Rupica ne smije biti preširoka. Zašto? Na isto mjesto zaslonca pale bi zrake s različitih dijelova plamena, i slika bi bila nejasna. Uža rupica daje sliku oštrih rubova, no slabo svijetlu.

Na isti način dobit ćeš slike i drugih, dobro osvijetljenih predmeta. Po danu namjesti papir s rupicom prema prozoru, a iza njega drži zaslonac.

»Kamera opskura«. Još ćeš ljepše vidjeti slike, što ih oslikava svjetlost, ako ih gledaš u kutiji, koja se zove »t a m n a k o m o r i c a« (»c a m e r a o b s c u r a«, sl. 124.). U središtu bočne plohe kakve zgodne kutije izbuši usijanim čavlom rupicu, a na istoj plohi u kutu usijeci poveći otvor za oko. Takvu kutiju, zajedno s poklopcem, namjesti rupicom prema predmetu, koji je dobro osvijetljen Suncem, na otvor u kutu pritisni oko i gledaj unutra. Na protivnoj stijeni vidiš okrenutu sliku kuće, stabla, neba i oblaka. Boje su iste, kao i na predmetima.

Ovu je pojavu opazio već u 16. stoljeću Leonardo da Vinci (Vinči). Fotografska sprava također je posebno uređena »tamna komorica« (»camera«). I oko: što je tamo rupica, to je na oku zjenica.

Vježbe. 1) Ako imaš zgodnu sobicu, koju danju možeš potpuno zamračiti, uredi je kao »tamnu komoricu«. U prozoru načini rupicu, na zidu gledaj slike vanjskih predmeta! — 2) Sunčane zrake, što se kradu kroz krošnju drveta — stvaraju na tlu okrugle pjege: sličice Sunca! Za vrijeme djelomične pomrčine Sunca, sličice su polumjesečaste!

Mjerenje svjetlosti

Kako mjerimo jakost svjetlosti

Hefnerova svijeća je jedinica za količinu ili jakost svjetlosti. To je ona svjetlost, što izbija iz 40 mm visokoga plamena svjetiljke, u kojoj gori amilni acetat; cjevčica, u kojoj je stijenj, mora biti 25 mm duga i 8 mm široka. Jakost od 1 Hefnerove svijeće ima otprilike i obična parafinska svijeća, palac debela s plamenom visokim 50 mm.

Rasvjeta. Dio svjetlosti, što s određenoga izvora padne na određenu plohu, proizvodi rasvjetu te plohe. Jakost rasvjete zavisi od jakosti izvora i od daljine toga izvora od plohe, na koju svjetlost pada; zatim i od kuta, pod kojim svjetlost pada na plohu.

Svjetlosne zrake, što izlaze iz izvora svjetlosti, rasprostiru se na sve strane u pravcima. Što izlazi odatle? Primakni najprije na pedalj daljine list papira zapaljenoj svijeći i promatraj rasvjetu toga lista. Zatim ga odmakni na dva pedlja. Ista količina svjetlosti raširila se sada na 4 puta veću plohu, i list je 4 puta slabije rasvijetljen (sl. 125.).

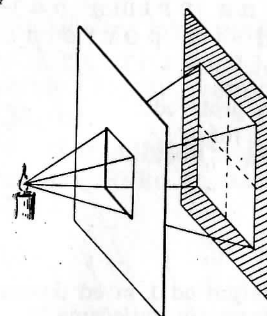
U dvostrukoj daljini od izvora svjetlosti rasvjeta je 4 puta slabija, u trostrukoj 9 puta i t. d. Vrijedi i obrnuto: ako je izvor svjetlosti 2, 3, 4 puta bliži, rasvjeta je 4, 9, 16 puta jača i t. d.

Jakost dvaju svjetlosnih izvora ne možeš prosuđivati okom (zabliješti te!), ali možeš uspoređivati rasvjete dviju ploha, kad su jedna do druge. A po rasvjeti, na temelju zakona o slabljenju rasvjete s daljinom, možeš zaključiti i na jakost izvora svjetlosti.

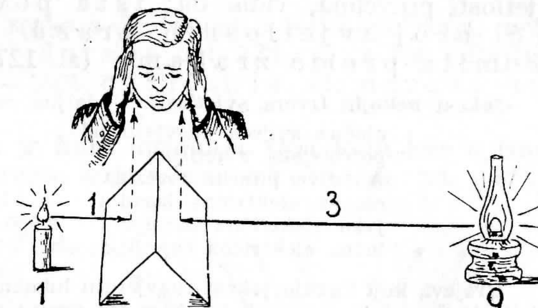
Fotometar. Previj po polovini pravokutan list bijela, tvrda papira, položi ga na stol, da bude kao krov kućice. Osvijetli ga s jedne strane plamenom obične svijeće, a s druge strane svjetiljkom (sl. 126.). Oba izvora svjetlosti neka budu u istoj visini. Gledaj odozgo na obje plohe lista, a svijeću primiči toliko, dok obje plohe ne izađu jednako rasvijetljene. Ako je sada svjetiljka 3 puta dalja od lista nego što je svijeća, jakost je njezine svjetlosti 9 puta veća od svijeće; zašto?

Jakosti svjetlosnih izvora odnose se, kao kvadrati njihovih daljina od jednako osvijetljenih ploha.

Sprave, kojima se uspoređuju jakosti svjetlosti, zovu se fotometri. Gornji list papira, kad služi za uspoređivanje jakosti svjetlosti, već je jednostavni fotometar.



Sl. 125. U dvaput većoj daljini od izvora svjetlosti, rasvjeta je četiri puta slabija!



Sl. 126. Kako ćeš sam izmjeriti jakost svoje svjetiljke! Čitaj u knjizi! Ova svjetiljka ima »9 svijeća«.

Plohe nejednakih boja čine se nejednako osvijetljene, makar na njih padale jednake količine svjetlosti i pod jednakim kutovima. Iz daljine najviše ti upadaju u oči bijela i žuta boja, pa crvena, a slabije zelena i modra.

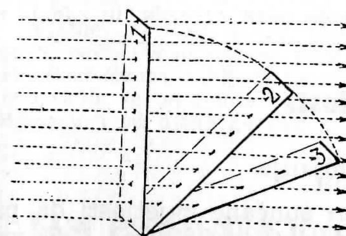
Vježbe. 1) Promatraj rasvjetu plohe, što je čini zapaljena svijeća na zidu u daljini od 1 dm, a zatim u daljini od 5 dm! Koliko bi svijeća morao zapaliti u daljini od 5 dm, da bude ista rasvjeta kao od jedne svijeće u daljini od 1 dm? (25). — 2) Usporedi opadanje jakosti rasvjete s opadanjem jakosti zvuka!

Jakost rasvjete

Luks. Od jakosti svjetlosti treba razlikovati jakost rasvjete. Rasvjeta, što je proizvodi izvor svjetlosti od 1 svijeće na plohu u daljini od 1 metra, zove se 1 luks.

Primjer: Svjetiljka od 20 Hefnerovih svijeća proizvodi na daljini od 1 m rasvjetu od 20 luksa. Ista svjetiljka proizvodi na daljini od 2 m rasvjetu od $20 : 2^2 = 5$ luksa. Izračunaj rasvjetu svjetiljke od 40 svijeća na knjigu, koju držiš 3 m od svjetiljke! ($40 : 3^2 = ?$ luksa).

Pri čitanju, ako traje kraće vrijeme, potrebna ti je rasvjeta od 10 luksa. Za duže čitanje: 40 luksa!



Sl. 127. Prebroj zrake svjetlosti, što ih hvataju jednake plohe 1, 2 i 3! Koja ih ploha najviše hvata, i zašto?

Zavisnost rasvjete od kuta upadanja. Od čega još zavisi jakost rasvjete, osim od jakosti i od daljine izvora svjetlosti? Je li svejedno, kako držiš kod čitanja knjigu prema svjetiljci? Ploha, koja je kosa prema zrakama svjetlosti, slabije je rasvijetljena — nego, kad je okomita; zašto? Predočiš li zrake

svjetlosti pravcima, vidiš da: ista površina prima najveći broj svjetlosnih zraka, kad je površina okomita prema zrakama (sl. 127.).

Jakost nekojih izvora svjetlosti. U daljini od 1 m proizvodi:

obična svijeća rasvjetu od	1 luksa
petrolejska svjetiljka	10—20 „
Auerova plinska mrežica	40—80 „
obična električna žarulja	10—100 „
jaka električna žarulja	2.000—3.000 „
lučna električna svjetiljka oko	300.000 „

Brojevi, koji kazuju jakost rasvjete u luksima u daljini od 1 m od izvora svjetlosti, kazuju u isti mah i jakost tih izvora u Hefnerovim svijećama.

Sunce rasvjetljuje površinu Zemlje jakošću od 100.000 luksa! Koliko bi to bilo, da se primakne k Zemlji na daljinu od 1 m?! (Ne trebaš računati!!).

Vježbe. 1) Koliku rasvjetu proizvodi žarulja od 60 svijeća na daljini od 1 m, 2 m, 5 m? Koliku na 5 dm, 2 dm, 1 dm? (Za 5 m, $60 : 5^2 = ?$ luksa). — 2) Je li bolja rasvjeta od 40 svijeća na daljini od 18 dm, ili od 20 svijeća na daljini od 9 dm? (Zaključuj ovako: 40 svijeća u daljini od 10 dm [= 1 m] proizvodi rasvjetu od 40 luksa; 40 svijeća u daljini od 18 dm [= 1·8 m] proizvodi rasvjetu od $4 : 1{\cdot}8^2 = ?$ luksa. Slično izvedi i za 20 svijeća, pa usporedi dobivene brojeve. Konačni ishod računa: 20 svijeća na 9 dm daje dvaput bolju rasvjetu nego 40 na 18!).

Brzina svjetlosti

Danski učenjak Römer u sedamnaestom stoljeću više puta je promatrao, kako jedan od Jupiterovih mjeseci ulazi u sjenu Jupitera i kada izlazi iz nje. Iz vremena, što ga taj mjesec treba za svoj ophod oko Jupitera, zatim iz poznate udaljenosti Jupitera od različnih mjesta Zemljine putanje oko Sunca i iz drugih opažanja, Römer je izračunao, da se svjetlost rasprostire svemirom brzinom, koju iskazujemo s 300.000 kilometara na sekundu. Poslije su to drugi fizičari potvrdili mjerenjima brzine svjetlosti na samoj Zemlji.

Brzina svjetlosti je najveća od svih zbiljskih brzina, koje poznajemo. Smatra se, da se svjetlost rasprostire u prostoru valovitim kretanjem, slično valovima na površini vode.

Vježbe. 1) Izračunaj, koliko vremena treba svjetlost da dopre sa Sunca na Zemlju! — 2) Svemirske daljine računaju na sekunde, dane i godine svjetlosti. Godina svjetlosti je put, što ga svjetlost prevali u godini dana! Nekoje su zvijezde daleko od nas na stotine, tisuće i milijune godina svjetlosti! Da li bi odmah opazio, kad bi u svemiru nastala koja nova zvijezda, ili kad bi se ugasila jedna od onih, koje vidiš?

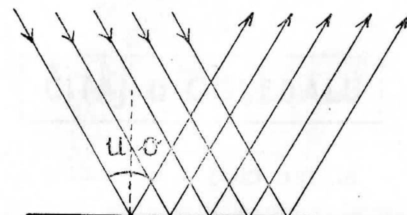
Odbijanje svjetlosti

Osnovne pojave odbijanja

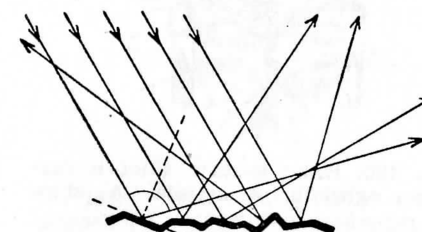
Zakon odbijanja. Pusti uzan pramen sunčane svjetlosti da padne na ravno ogledalo. Svjetlost se odbija (reflektira) i drugim pravcem udara kroz zrak. Traži zakon odbijanja! Svjetlost se odbija po istom zakonu kao i lopta, koju baciš po podu sobe, pa udari na ravan zid. Pod kolikim kutom upadne, pod onolikim se i odbije.

Kut, što ga tvori nadošla zraka s okomicom u točki odbijanja, zove se kut upadanja ili doraza (sl. 128., u), a kut odbijene zrake s istom okomicom — kut odbijanja ili odraza (sl. 128., o).

Kut odbijanja jednak je kutu upadanja. Oba kuta leže u istoj ravnini. Kako se odbija zraka, koja udara okomito na glatku plohu?



Sl. 128. Odbijanje sunčanih zraka o glatku ravnu plohu; »u« kut upadanja, »o« kut odbijanja. Kako bi trebao gledati, da ti odsjev sunca udari u oči?



Sl. 129. Odbijanje sunčanih zraka o hrapavu plohu. Usporedi odbijene zrake s onima na sl. 128.! Zašto ovdje nema odsjeva?

Zrake su sunčanog pramena usporedne; zašto? Kad se odbiju o glatku ravnu površinu, opet su usporedne (vidi sl. 128.). Udare li takve odbijene zrake u oko, zablješti te sjaj Sunca. Blijeŝtanje nastaje samo onda, kad gledaš plohu pod istim kutom, pod kojim se zrake odbijaju.

Raspršena svjetlost. Padnu li usporedne zrake svjetlosti na hrapavu površinu, svaka zraka udara na svoj dio plohe pod drugim kutom i one nakon odbijanja nisu više usporedne, nego se rasprše na sve strane (sl. 129.). Ovako odbijena svjetlost zove se raspršena (difuzna) svjetlost; ona ne zabljeŝtava oka. Hrapavu površinu vidiš podjednako osvijetljenu, pod kojim god kutom upravio oko prema njoj. Svjetlost, što ti ulazi kroz prozor u sobu i što se odbija sa zidova sobe, raspršena je svjetlost (danja svjetlost). Zid sobe, površina daske, list papira — za svjetlost su hrapave površine.

Predmeti, na koje pada raspršena svjetlost, iza sebe ne bacaju oštre sjene.

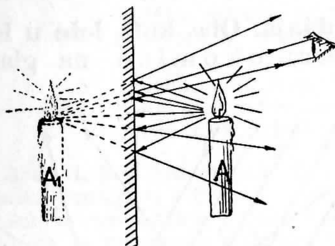
Vježbe. 1) Kad gledaš uzak srp mlađaka, katkad vidiš i čitavu plohu Mjeseca osvijetljenu slabom svjetlošću; otkuda to? (Svjetlost mlađakova srpa je svjetlost Sunca odbijena izravno od Mjesečeve plohe; ostala, slaba svjetlost je ona, koja je od Sunca pala najprije na Zemlju [ispod obzora!], odbila se k Mjesecu, i od njega nanovo u tvoje oko. Objasni crtežem!).

Ravno ogledalo

Kako nastaje slika u ogledalu. Ravno ogledalo (zrcalo) je svaka ravna ploha, pomno uglačana.

Metni pred ogledalo zapaljenu svijeću (sl. 130., A). Zrake, što izlaze iz plamena, nisu usporedne, nego razlazne. One, što padaju na ogledalo, odbijaju se, i opet su razlazne. Nacrtaj to! Oko, u

koje ulaze tako odbijene zrake, produžuje njihov put unatrag, pa ti se čini kao da izlaze iz jedne točke iza ogledala. U toj točki vidiš sliku plamena (sl. 130., A_1).



Sl. 130. Kako nastaje slika u ravnom ogledalu. A svijeća, A_1 slika svijeće.

Sl. 131. Čitaj u ogledalu!

Predmet i slika predmeta simetrični su s obzirom na površinu ogledala: čini ti se, da je slika toliko iza ogledala, koliko je predmet ispred njega.

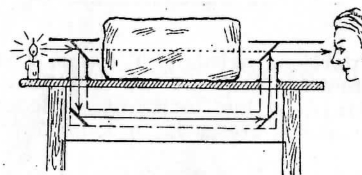
Obična su ogledala ravne uglačane ploče od stakla, koje su ozad obložene tankom naslagom srebra ili kositera. I obično staklo i površina vode mogu poslužiti kao ogledalo, ako je iza njih tamna pozadina. Ogledala, koja nisu potpuno ravna, pokazuju izobličene slike. Kad odabireš ogledalo, pazi kako odrazuje slike dalekih predmeta. Gledaj u nj iz podaljega!

Izradba ogledala. U staro doba pravili su ogledala od ravnih srebrnih ploča, koje bi dobro uglačali. Danas izrađuju ogledala ponajviše od stakla. U tvornici ogledala polažu na pripravljenu staklenu ploču tanak list čistoga kositera (staniol), pa ga preliju živom. Kositer se u živi otopi (amalgam). Suvišak žive poslije se odstrani, pa kositerna kožica čvrsto prione za površinu stakla. Da se nježna kožica ne ošteti, premažu je još zaštitnom naslagom. — Kako je rad sa živom štetan po zdravlje, polažu na staklo radije naslagu srebra. Staklena ploča leži na stolu s uzdignutim rubovima, pa po njoj poliju na 2 cm visoko otopinu, u kojoj je otopljen t. zv. srebrni nitrat. Otopini dodaju još nešto grožđanoga šećera. Iz srebrnog nitrata izlučuje se čisto srebro, i za određeno se vrijeme slegne na staklo dovoljno debela srebrna kožica.

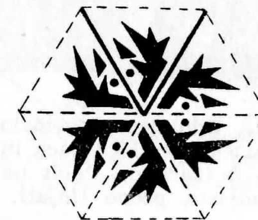
Primjene. Odbij ogledalom u ruci pramen sunčane svjetlosti i gledaj svijetlu pjegu na zidu. Pjega igra na zidu, ma kako se trudio, da ogledalo držiš mirno. Najsitniji pokret ogledala odaje se vidljivim pomicanjem pjege. Pomicanje je to veće, što je veća udaljenost ogledala od zida. Osim toga, odbijena se zraka pomakne svagda za dvostruki kut od onoga, za koji se zakrene ogledalo. Uvjeri se o tom i crtežem po zakonu odbijanja! Ovo se svojstvo ogledala upotrebljava često u tehnici i u znanstvenom radu, kad se ima povećati i izmjeriti kakav vrlo sitan pomak. — Ogledalcem se služi i liječnik, kad razgledava usnu šupljinu i ždrijelo. Ogledalima se služe za sporazumijevanje na velike daljine kod izmjere Zemlje; ono služi i u raznim drugim prilikama; navedi, koje znaš!

Prikaži crtežem, kako možeš pomoću više ogledalâ, sjedeći za stolom u sobi, vidjeti, što se događa pred kućnim vratima!

Vježbe. 1) Napiši crnilom svoje ime, odmah posuši bugačicom, pa promatraj u ogledalu otisnuta slova (sl. 131.). — 2) Zabilježi na papiru olovkom tri točke, koje označuju vrhove trokuta. Osovi pred sobom ogledalo tako, da u njemu vidiš sve tri točke. Jednom rukom zastri točke na papiru tako, da ih vidiš samo u ogledalu. Drugom rukom vuci olovkom pravac od točke do točke i nastoj ih spojiti u trokut! — 3) Pomoću ravnih ogledalaca pokušaj sastaviti »čarobni dalekozor« (sl. 132.), kojim tobože gledaš kroz drvo, kamen, čovječje tijelo!



Sl. 132. »Čarobni dalekozor«. Između svijeće i oka na stolu je veliki kamen, pa ipak vidiš svijeću; kako to?



Sl. 133. Ovakve slike vidiš u kaleidoskopu. Koje je »predmet«, a koje su »slike«?

Kutno ogledalo

Slike u kutnom ogledalu. Dva ravna ogledala sastavi u kut, i dobio si kutno ogledalo. Osovi ga na stolu, a između njih metni dugme, ili kakvu drugu stvarčicu. Od jednoga predmeta vidiš više slika. Kako to? Zrake svjetlosti odbijaju se o dvije plohe, a i one, koje su se odbile od jedne, padaju na drugu i od nje se nanovo odbijaju. Što odatle zaključuješ? — Mijenjaj kut dvaju ogledala! Što je manji kut, to je više slika.

Zajedno s predmetom, broj je slika u kutnom ogledalu toliki, koliko se puta kut dvaju ogledala nalazi u punome kutu.

Između usporednih ogledala vidiš bezbroj slika. Usporedi to s odbijanjem zvuka između usporednih ploha!

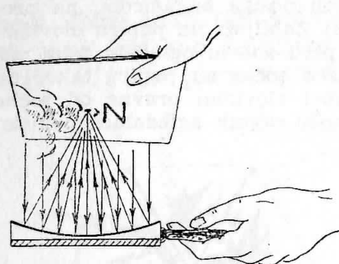
Kaleidoskop je igračka na osnovi kutnog ogledala. Sastoji se od dvije, ili tri staklene pločice sastavljene u šuplju prizmu. Prizma je učvršćena u valjku od papira. S jednoga kraja ulazi u nju svjetlost, a s drugoga se gleda. Među pločicama je nekoliko šarenih stakalaca, pa se višestrukim odbijanjem u kaleidoskopu slažu slike u raznobojne simetrične zvijezde (sl. 133.).

Sferna ogledala

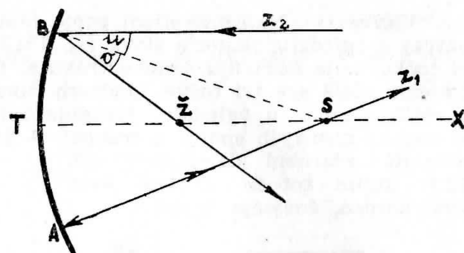
Odbijanje od zaobljenih ploha

Pojam o žarištu. Pločicu od glatkog svijetlog lima savij u luk i osovi na stol tako, da sunčana svjetlost pada na lim s unutarnje strane; ili baci na nj svjetlost pomoću ogledala. Odbijena se svjetlost i toplina prikupljaju prema jednome mjestu koje se zove žarište (fokus). To ćeš još ljepše opaziti, ako umjesto limena polukruga, upotrijebiš zaobljeno ogledalo, koje je dio kuglaste površine (kuglina kapica).

Ogledala u obliku kugline kapice zovu se sferna.



Sl. 134. Udubljeno ogledalo hvata sunčane zrake i baca ih u točku Ž (žarište). Papir na tome mjestu počne tinjati.



Sl. 135. Udubljeno ogledalo. T tjeme, Ž žarište, S središte, TŽSX glavna osovina, **u** kut opadanja, **o** kut odbijanja. Gledaj, kako se odbija zraka Z_1, a kako Z_2!

Vrste sfernih ogledala. Sferno ogledalo, koje odrazuje svjetlost s unutarnje strane, zove se udubljeno (konkavno), a koje odrazuje svjetlost s vanjske strane, zove se izbočeno (konveksno) ogledalo.

Udubljeno ogledalo. Postavi udubljeno ogledalo prema Suncu, a pomoću papira potraži, gdje se odbijena svjetlost sakuplja u najsjajniju i najsitniju točku: žarište. Papir u žarištu uskoro zadimi i zatinja (sl. 134.).

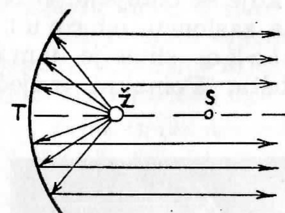
Pravac, koji prolazi tjemenom (sl. 135.) udubljenoga ogledala i središtem (S) one kugle, od koje je uzeto ogledalo, zove se glavna osovina ogledala (TX). Svaka zraka, koja udara na ogledalo preko središta, okomita je na svome djeliću plohe, i odbija se istim pravcem unatrag (Z_1 A). Druge zrake upadaju na zaobljenu plohu svaka pod svojim kutom, i svaka (na pr. Z_2 B) se odbija po zakonu odbijanja ($\sphericalangle o = \sphericalangle u$). Upadni kut je kut, što ga tvori zraka s polumjerom ogledala.

Usporedne zrake. Opažanje i crtež uče: Većina svjetlosnih zraka, što udaraju usporedno s glavnom osovinom udubljenoga ogledala, odbijaju se prema žarištu. Žarište se nalazi na osovini, u polovini između tjemena i središta. Uvjeri se o tome!

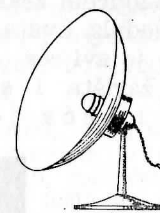
Primjene žarišta

Žarišne zrake. Zrake svjetlosti, koje se šire iz žarišta i padaju na sferno ogledalo, zovu se žarišne zrake.

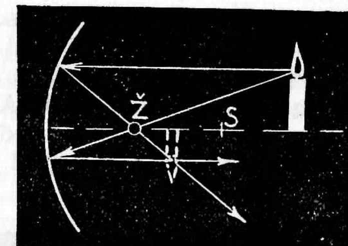
Zapaljenu svjećicu namjesti u zamračenu sobu tako, da joj plamen bude u žarištu udubljenoga ogledala, i hvataj zaslonćem odbijenu svjetlost. U svakoj daljini ispred ogledala dobit ćeš jednako širok, svijetao krug. Odbijena se svjetlost ne sabire ni ne razlazi u šir: žarišne su zrake svjetlosti nakon odbijanja usporedne (sl. 136.). Uvjeri se crtežom, da tako mora biti po zakonu odbijanja!



Sl. 136. Kad je izvor svjetlosti u Ž, odbijene su zrake usporedne s TZS. Kaži riječima!



Sl. 137. Žarišna grijalica.



Sl. 138. Svijeća i njezina slika ispred udubljena ogledala. Ž žarište, S središte.

Svjetlosne zrake, što izbijaju iz žarišta (žarišne zrake) i padaju na udubljeno ogledalo, izlaze nakon odbijanja usporedno.

Automobilski reflektor je udubljeno ogledalo, kojemu je u žarištu smještena jaka električna žarulja. U noći izbacuje reflektor preda se gotovo usporedan pramen svjetlosti i osvjetljuje na daleko put jarkom svjetlošću. Da bi se malo rasipavale i na strane, izvor svjetlosti nije smješten točno u žarištu, nego nešto bliže unutra i malo poviše.

Reflektori za maglu bacaju žutu svjetlost. Žuta i crvena svjetlost bolje probija maglu od svjetlosti druge boje.

Reflektori se upotrebljavaju za rasvjetu kod noćnih radova, za rasvjetu trgovačkih izloga, za obasjavanje ljekovitim zrakama i u drugim prigodama.

Osobito su snažni vojni i brodski reflektori.

Obično mjesto kuglaste plohe imaju reflektori t. zv. paraboličnu plohu. Parabolična ploha odbija žarišne zrake još savršenije u usporedan mlaz svjetlosti.

Arhimedova toplina. Priča se o Arhimedu, da je s bedemova grada Sirakuze plitkim udubljenim ogledalima pomoću sunca palio rimske lađe. — Učenjaci Akademije u Firenzi spalili su prema kraju sedamnaestog stoljeća zrnce dijamanta u žarištu udubljena ogledala i time dokazali, da se dijamant sastoji od ugljika. Drugi su, opet, udubljenim ogledalom mogli rastaliti srebro i druga tijela.

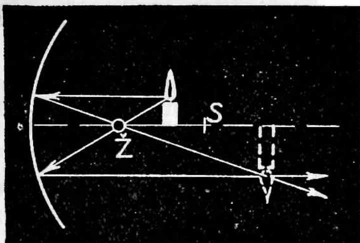
Putnici, koji putuju u nenastanjene krajeve često sa sobom nose sprave s udubljenim ogledalom. U takvim spravama sunčane zrake zagriju vodu do vrelišta.

Žarišna grijalica (sl. 137.) u obliku udubljenog ogledala često se upotrebljava za grijanje zimi po trgovinama i na otvorenim mjestima. U žarištu je smješteno t. zv. tijelo za grijanje; ono se grije plinom ili električnim putem. Udubljena ploha hvata zrake topline i odbija ih u usporedan pramen. Topli pramen možeš upraviti, kamo treba.

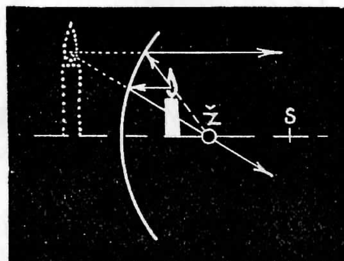
Kakve slike pravi udubljeno ogledalo

Prave slike. Svijetla i vruća točka u žarištu, kamo se sabiru sunčane zrake, upravo je živa sličica Sunca.

Zapali u zamračenoj sobi svijeću, metni je p o d a l j e ispred udubljena ogledala. Potraži zasloncem zrake, koje se odbijaju. U određenoj daljini od tjemena ogledala hvataš na zaslonu o b r n u t u sliku plamena (sl. 138.). Ako je svijeća d a l e k o, slika je u m a n j e n a, a nalazi se između žarišta i središta. Pomakni svijeću bliže! Slika odmakne d a l j e i v e ć a j e.



Sl. 139. Kad je »predmet« između Ž i S, »slika« je prava, obrnuta i uvećana izvan dvostruke žarišne daljine.



Sl. 140. Kad je »predmet« unutar žarišne daljine, »slika« je prividna, uspravna i uvećana.

Kad je svijeća u središtu, tamo je i slika. Predmet i slika jednako su veliki, samo je slika obrnuta. Ideš li sa svijećom još bliže, t. j. kad se nalazi i z m e đ u s r e d i š t a i ž a r i š t a, slika se odmiče sve dalje i biva sve v e ć a od svijeće (sl. 139.). Kad je svijeća u žarištu, slika je neodređena i ne da se uhvatiti zasloncem. I od drveća ispred prozora možeš pomoću udubljenoga ogledala uhvatiti zasloncem sliku, osobito, ako su predmeti dobro obasjani.

Slike, koje hvataš na zaslonu ispred udubljenog ogledala, zovu se prave s l i k e (stvarne, realne). One su svagda obrnute.

Slike su bolje, što je ogledalo p l i ć e.

Kratko pravilo: Š t o j e p r e d m e t d a l j e o d u d u b l j e n o g o g l e d a l a, s l i k a j e b l i ž a i m a n j a; š t o j e p r e d m e t b l i ž i, s l i k a j e v e ć a i d a l j a. Gdje mora biti predmet, da slika bude manja? gdje, da bude jednaka predmetu? gdje, da bude veća?

Crtež. Da crtežom objasniš, kako nastaje slika, nacrtaj udubljeno ogledalo, osovinu i predmet (svijeću), pa označi središte i žarište. Sad povuci s vrška predmeta zraku usporednu s osovinom; ona se odbija kroz žarište. Potom povuci s istoga mjesta i drugu zraku, koja udara na samo žarište; ova se odbija usporedno s osi. Odbijene se zrake p r e s i j e c a j u u određenoj točki; u toj se točki sastaju i sve druge odbijene zrake, što s vrška predmeta padnu na ogledalo. Na tome mjestu daje zaslonac najoštriju sliku predmeta. Možeš upotrijebiti i zraku, koja udara smjerom središta; kako se ona odbija?

Prividne slike. Primakni svijeću k ogledalu b l i ž e n e g o š t o j e ž a r i š t e. Na zaslonu nema slike. No gledaš li u ogledalo, tamo vidiš u s p r a v n u i u v e ć a n u sliku svijeće (sl. 140.).

Uvećane slike, koje gledaš u udubljenom ogledalu, zovu se p r i v i d n e (umišljene, virtualne) slike.

Koja je razlika između pravih i prividnih slika? Od prave slike d o i s t a polaze zrake svjetlosti s onoga mjesta, na kome sliku

vidiš. Kod prividnih slika nije tako. — Slike u »tamnoj komorici« prave su slike, a slike u ravnom ogledalu prividne.

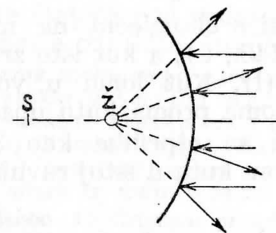
Udubljenim ogledalima razgledavaju liječnici usnu šupljinu bolesnika. Oboljelo mjesto vide uvećano, doklegod se nalazi između tjemena i žarišta ogledala.

Crtež. Zraka usporedna s osi, odbija se kroz žarište, a zraka, koja s istoga mjesta pada na ogledalo pravcem iz žarišta, odbija se usporedno s osi. Odbijene se zrake n e s i j e k u, no ako produžiš unatrag put odbijenih zrakâ, sastaju se produženja u točki iza ogledala. Oku, koje gleda ispred ogledala, čini se, da odbijene zrake dolaze iz te točke, i ono tamo vidi sliku predmeta.

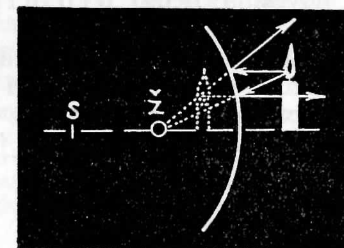
Vježbe. 1) Ako imaš udubljeno ogledalo, pazi, da ga ne ostaviš u sobi na takvu mjestu, gdje bi moglo doći sunce do njega! Zašto? (Opasnost požara!). — 2) Promatraj svoje lice u udubljenom ogledalu! Zašto nije lice potpuno vjerno uvećano? (Slika je izobličena: dijelovi lica, koji su bliže ogledala [nos!] slabije su uvećani, a koji su dalje — jače).

Slike u izbočenom ogledalu

Izbočeno ogledalo. Hvataj zasloncem sunčane zrake, što padaju na i z b o č e n o ogledalo. Na zaslonu vidiš svijetao krug. Što dalje ideš zasloncem, krug je svjetlosti širi. Odbijene su zrake r a z l a z n e, kao da izbijaju iz jedne točke i z a izbočenoga ogledala (sl. 141.). Ta se točka zove r a s t r e s i š t e (prividno žarište, Ž), a odgovara žarištu udubljenoga ogledala.



Sl. 141. Usporedne zrake na izbočenom ogledalu rastresaju se u širinu kao da izlaze iz točke Ž (rastresište).



Sl. 142. Na izbočenom ogledalu dobivaš uvijek prividnu, uspravnu i umanjenu sliku!

Slike u izbočenom ogledalu. Pokušaj zasloncem uhvatiti sliku zapaljene svijeće! Slike ne možeš uhvatiti. Zašto? Zrake, što polaze s iste točke predmeta, ne sastaju se nakon odbijanja. Tek, ako produžiš unatrag put odbijenih zrakâ, sastaju se produženja u točki iza ogledala. Na tome mjestu vidiš p r i v i d n u, u s p r a v n u i u m a n j e n u sliku predmeta (sl. 142.). I z b o č e n o o g l e d a l o d a j e s a m o p r i v i d n e s l i k e, i to s v a g d a u m a n j e n e. Što je predmet dalje, slika je manja.

Izbočeno ogledalo odrazuje na maloj plohi mnogo predmeta; zašto? Zato ga vozari namještaju na automobilima, da vide put iza svojih leđa.

Crtež. Kad crtežom tražiš, gdje nastaje prividna slika, držiš se pravila: zraka, što polazi s jedne točke predmeta usporedno s osovinom, odbija se, kao da izlazi iz rastresišta s druge strane; a zraka, što iz iste točke udara prema rastresištu, odbija se usporedno s osi.

Vježbe. 1) Promatraj staklene lopte, koje se meću za ukras u cvijetnjake! — I u izbočenom ogledalu slike su iskrivljene; zašto? — 2) Izobličenje u sfernom ogledalu to je manje, što je ogledalo plića, t. j. što je veći polumjer kugle, od koje je uzeto ogledalo.

Prelamanje svjetlosti

Zakon prelamanja

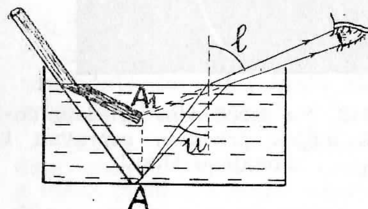
Prelamanje na vodi. Napuni lonac vodom i gledaj odozgo. Čini ti se, kao da se dno izdiglo i kao da je lonac plići, nego kad je prazan. I kad promatraš dno bistra potoka, čini ti se, da je voda plića, nego što jest. — Zatakni štapić nakoso u vodu. Vidiš ga, kao da je prelomljen na površini vode (sl. 143.).

Ovim je pojavama razlog u prelamanju (refrakciji) svjetlosti.

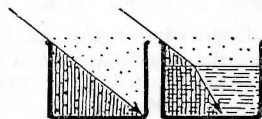
Praznu zdjelu metni na sunce tako, da sjena stijenke, što je prema suncu, pokriva određeni dio dana (sl. 144.). Nakon toga napuni zdjelu vodom. Osjenjena ploha dna smanjila se, a osvijetljena se povećala; kako to?

Jedan dio svjetlosti, što pada na vodu, odbija se od površine; drugi dio ulazi u vodu, ali ne ravno: prelama se na ulazu u vodu.

Kut, što ga čini kosa zraka svjetlosti s okomicom na mjestu preloma, zove se kut upadanja (sl. 145., u), a kut iste zrake u vodi s istom okomicom — kut loma (l). Kut loma u vodi je manji od kuta upadanja; kut loma prema kutu upadanja odosi se otprilike kao 3 : 4. Oba su kuta u istoj ravnini.



Sl. 143. Palica zataknuta koso u vodu čini se kao prelomljena i skraćena. A vršak palice u vodi, A_1 slika vrška, »u« kut upadanja, »l« kut loma!

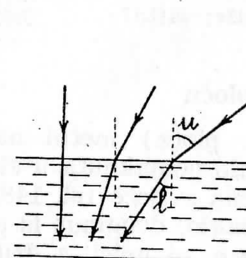


Sl. 144. Praznu posudu metni na sunce, da sjena pokriva dno (lijevo). Nalij vode: sjena na dnu je kraća (desno); zašto?

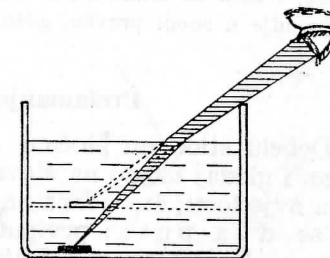
Prelamanje na staklu. Ulazi li zraka svjetlosti u staklo, lomi se jače, nego kad ulazi u vodu; odnošaj kutova je otprilike 2 : 3.

Kada zraka prelazi iz vode ili iz stakla u zrak, i opet se lomi, ali je sada kut loma veći od kuta upadanja (sl. 143.).

Zrak je optički rijetko sredstvo. Voda je optički gušća od zraka. Staklo je optički gušće od vode. Zakon o širenju svjetlosti u pravcima vrijedi samo onda, kad se svjetlost širi po sredstvu jednake optičke gustoće.



Sl. 145. Kosa zraka svjetlosti lomi se na prijelazu iz zraka u vodu; »u«, kut upadanja, veći od »l«, kuta loma.



Sl. 146. Dok je posuda prazna, ne vidi oko novca na dnu; kad naliješ vode, vidi ga; zašto?

Kad zraka svjetlosti prelazi iz optički rjeđega sredstva u gušće, lomi se prema okomici na mjestu upadanja. Kad prelazi iz gušćega u rjeđe, lomi se i otklanja od okomice upadanja. Zraka, koja udara na graničnu plohu okomito, prolazi neslomljena.

Tumačenje: Zrake svjetlosti, što se šire pod vodom s vrška štapića (vidi sl. 143., A), lome se na prijelazu iz vode u zrak. Kut loma (l) je veći od kuta upadanja (u); zašto? Produži unatrag put svih slomljenih zrakâ, koje su izašle iz vode s kraja štapića. Produženja se sijeku u točki (A_1), koja se nalazi povrh stvarnoga vrška štapića. Na tome mjestu oko vidi vršak štapića. To vrijedi i za ostale dijelove štapića pod vodom. Zbog toga se čitava palica vidi kao prelomljena, a onaj dio, što je u vodi, izgleda i kraći.

Uzrok prelamanju svjetlosti je u tome, što se svjetlost rasprostire kroz vodu i staklo manjom brzinom nego kroz zrak. Jedan dio stola pospi finim pijeskom, a ploču malo nagni i pusti, da niz nju kotura drven mosur (»špula«) ili kakav valjčić. Kad mosur udari nakoso s glatke plohe na pijesak, zakrene i promijeni pravac kretanja. Usporedi to sa zrakom svjetlosti, koja nakoso udara iz zraka u vodu!

Vježbe. 1) Crtežom prikaži, da ribu u vodi zbog prelamanja svjetlosti, vidiš na višem mjestu nego je uistinu! — 2) Na dno zdjele metni komad novca i namjesti se tako, da ti rub zdjele upravo prekriva novac. Ostani, kako jesi, a tvoj drug neka lagano napuni zdjelu vodom. Novac, koji je bio pokrit, sad vidiš! Objasni! (sl. 146.).

U prirodi

Titranje u zraku. Promatraj iz podaljega predmete kroz zrak, koji je povrh plamena zapaljene svijeće! Dijelovi predmeta kao da se pomiču: trepte, titraju. Zagrijani zrak diže se u vis i mijenja gustoću. Zrake svjetlosti, koje od predmeta udaraju nakoso kroz takve slojeve, lome se i mijenjaju pravac. Od iste točke predmeta ulazi ti zraka sad odavle, sad odanle, pa ti se čini, da točka mijenja svoje mjesto.

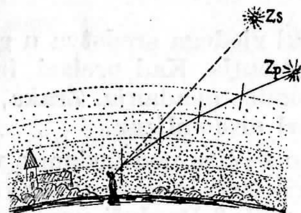
I zvijezde stajačice, što ih gledamo noću, trepte zbog prolaženja njihovih zraka kroz slojeve zraka promjenljive gustoće. Toga treptanja nema kod t. zv. planeta, t. j. kod zvijezda, koje kruže oko našega Sunca. One su nam bliže i prividno krupnije.

Kad Sunce žestoko pripeče, pogledaj uzduž uz površinu tla. Zrak nad tlom mijenja gustoću i nemiran je, pa vidiš, gdje kroza nj titra kamen i travka.

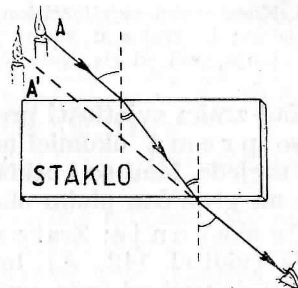
Pomak zvijezde. I zrak, što omata Zemlju, sve je rjeđi u većoj visini; zašto? Zraka svjetlosti, što dolazi od zvijezde k Zemlji udara iz rjeđih slojeva u gušće, i zato se lomi. Prikaži crtežom (sl. 147.). Zvijezda, koja je bliže obzorju, nije u onom pravcu, gdje je vidiš, nego niže; zašto?

Prelamanje kroz ravnu ploču

Debelu staklenu pločicu (planparalelna ploča) metni na list knjige, i gledaj ukoso na slova. Dolaze ti malo pomaknuta u stranu. Zraka svjetlosti, što udara na ploču s plamena svijeće (sl. 148., A), lomi se *dva puta*: prviput iz zraka u staklo, drugiput iz stakla opet u zrak. Prvi se put zraka lomi *prema* okomici, a drugiput



Sl. 147. Zvijezdu na nebeskom svodu ne vidiš na njezinu pravom mjestu, nego nešto poviše; zašto? Zp pravo mjesto zvijezde, Zs slika zvijezde.



Sl. 148. Dvostruki lom zrake svjetlosti kroz ravnu staklenu ploču. A pravo mjesto predmeta, A' slika predmeta.

obrnutim redom od okomice na drugu stranu. *Izlazna* je *zraka usporedna s ulaznom*. Plamen svijeće vidiš pomaknut u stranu (A') — toliko više, koliko je ploča deblja.

Prelamanje kroz prizmu

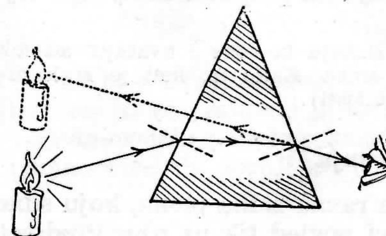
Optička prizma providno je tijelo od stakla, kremena, — omeđeno s dvije ravnine, koje se sijeku u šiljastom kutu. Metni takvu prizmu na oko i gledaj kroz nju. Slike su predmeta *mnogo* pomaknute sa pravoga mjesta, a rubovi su im obojeni. Velik pomak slike od predmeta objašnjujemo tim, što se zraka svjetlosti prolazeći kroz prizmu lomi dva puta: na ulazu u staklo i na izlasku iz njega, svakiput *na istu* stranu (sl. 149.). Izlazna zraka tvori s ulaznom određeni kut. Oko vidi sliku predmeta u produženju puta izlazne zrake unatrag.

Opažanje i crtež pokazuju, da se zraka prelama tako, kao da će obuhvatiti deblji kraj prizme.

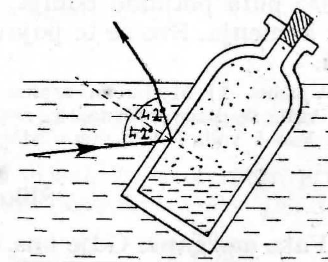
Obojene rubove slika vidimo zbog t. zv. razlaganja (rastavljanja) svjetlosti. Osim toga, vidimo u prizmi još i *neobojene* slike, kao u ogledalu. One nastaju t. zv. potpunim odbijanjem svjetlosti.

Potpuno odbijanje svjetlosti

Pokusi. U bočicu od providnog stakla nalij nešto vode, metni je nakoso u vodu i gledaj odozgo (sl. 150.). Donji dio bočice u kome je voda, gotovo i ne vidiš, no gornji živo *blliješti*, kao obložen srebrom.



Sl. 149. Dvostruki lom zrake svjetlosti kroz optičku prizmu. Ulazna i izlazna zraka nisu usporedne.

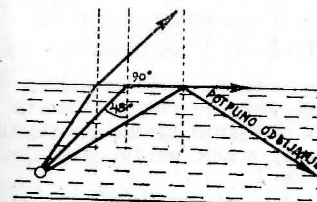


Sl. 150. Staklena bočica, koso utaknuta u vodu, živo blliješti, kad je gledaš odozgo (potpuno odbijanje svjetlosti).

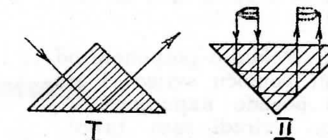
Uvjeti za potpuno odbijanje. Zrake svjetlosti ulaze iz vode u staklo bočice, no iz *stakla ne prelaze u zrak* u bočici, nego se odbijaju, i tako odbijene dospijevaju u tvoje oko. Ova se pojava zove *potpuno odbijanje svjetlosti* (totalna refleksija). Ona se javlja, kad svjetlost udara na granicu iz *gušćega na rjeđe* (iz vode, ili iz stakla u zrak), te u slučaju, ako kut upadanja premaši određenu veličinu. Za vodu-zrak taj *granični kut* mora biti veći od 48°, a za staklo-zrak 42°.

Tumačenje potpunog odbijanja: Uvaži, da je kod prelamanja zrake iz optički gušćega tijela u optički rjeđe *kut loma uvijek veći* od kuta upadanja. Kad raste kut upadanja, raste i kut loma, a kad kut loma *premaši* 90°, zraka više ne može u optički rjeđe tijelo, nego se potpuno odbija natrag u isto sredstvo (sl. 151.).

U staklenoj prizmi, koja ima za presjek *pravokutan istokračan* trokut, nastaje potpuno odbijanje, kad zrake svjetlosti upadaju *okomito* na prvu plohu (sl. 152.). U tom slučaju udara zraka na narednu plohu pod kutom od 45°, a taj je veći od graničnoga kuta (42°).



Sl. 151. Zraka svjetlosti, koja udara iz vode na zrak, potpuno se odbija natrag u vodu, kad kut upadanja premaši 48° (granični kut za vodu-zrak).



Sl. 152. Potpuno odbijanje u pravokutnoj trostranoj optičkoj prizmi. I) jednostruko odbijanje: kad zraka udara okomito na katetu, II) dvostruko: kad udara okomito na hipotenuzu. Kut upadanja za staklo-zrak premašuje granični kut 42°.

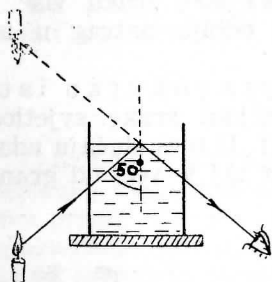
Iskrenje dijamanta. Uz pravokutnu s t a k l e n u posudu, punu vode, zapali svijeću i gledaj s druge strane koso odozdo prema površini vode (sl. 153.). Vidiš obrnutu sliku svijeće, kao u ogledalu — Svjetlost, što ulazi u brušeni dijamant, na njegovim se plohama po više puta potpuno odbija. Od toga dolazi ono živo iskrenje dragoga kamenja. Sve se te pojave osnivaju na potpunu odbijanju svjetlosti.

Vježbe. 1) Mjehurići zraka, što se izlučuju iz vode i hvataju stijenke čaše, vide se kao srebrnasta, neprovidna zrnca. Kako to, kad je zrak providan kao i voda? (Potpuno odbijanje svjetlosti).

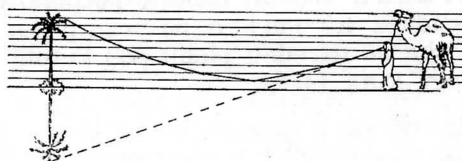
Slike odsijevanja

Fata morgana. Gdje ima dugačka ravna zidna ploha, koju sunce žestoko zagrijava, stani na kraj i baci pogled tik uz nju. Predmeti, što ih gledaš na drugom kraju u produženju zida, odrazuju se sa zida kao s površine vode. Ovakve s l i k e o d s i j e v a n j a katkad se viđaju po stepama u pustinjama i po oceanskim pučinama, a zovu se f a t a m o r g a n a.

U žarkoj pustinji. Fata morgana i druge slične pojave obično nastaju prelamanjem zraka svjetlosti kroz zračne slojeve nejednake gustoće, a često i potpunim odbijanjem svjetlosti. Od zagrijana tla u vrućoj pustinji često zrak uz površinu ima m a n j u g u s t o ć u nego viši slojevi. Zrake svjetlosti, što se rasprostiru s visova udaljenih klisura ili drveta (sl. 154.), koso udaraju na niže kroz rjeđe slojeve zraka i lome se. Kut upadanja bude napokon toliki, da se zrake od najnižih slojeva potpuno odbiju uskoro gore i dospijevaju u oko putnika. U produženju puta tih zraka unatrag, putnik vidi obrnutu sliku klisure ili drveta, pa mu se čini, da je pred njim voda, u kojoj se odrazuje obala. Umoran i žedan, hrli putnik onamo, dok ne upozna, da je to bila varka očiju!



Sl. 153. Pokus o potpunom odbijanju pomoću svijeće i staklene posude napunjene vodom. Priredi sam tako!



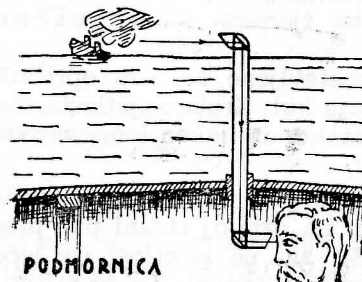
Sl. 154. Fata morgana dočarava sliku vodene površine, koja ne postoji. Osniva se na potpunom odbijanju zraka svjetlosti o zagrijani sloj zraka uz tlo pustinje.

Slične pojave. Zbog jakog prelamanja svjetlosti, uzdignu se katkad slike predmeta, koji su i s p o d obzorja, pa ih vidimo. Tako se katkad s francuske obale prostim okom vide engleske klisure, premda se zbog zakrivljenosti zemaljske površine ne bi mogle vidjeti, kad bi od njih zrake svjetlosti išle ravno u pravcima. — S jedne uzvisine kraj grada Reggio (Ređo), na talijanskoj obali, vide se katkad prema Siciliji u zraku stupovi dvorovi, tornjevi i čempresi. Ova čarobna slika nastaje od toga, što se zbog jakoga prelamanja svjetlosti za neko vrijeme ukažu dijelovi grada Messine i njegova okolica. — I jako ohlađenje zračnih slojeva uz površinu Zemlje može izazvati neobične slike u zraku. Lovci na kitove vidjeli su u zraku slike brodova, koji su se stvarno nalazili ispod obzorja; katkad su slike bile i dvostruke, uspravne i izvrnute, kao na vodoravnu ogledalu.

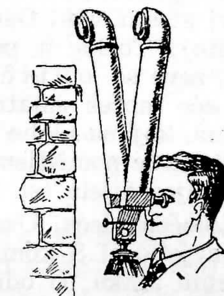
Periskop

P e r i s k o p je sprava, koja služi za gledanje predmeta, koji se nalaze iza kakva zaklona ili iznad njega.

Podmornički periskop sastoji se od cijevi, koja se može pružiti iz podmornice, da gornji kraj izviri nad površinu vode (sl. 155).



Sl. 155. Podmornički periskop.



Sl. 156. Dvocijevni periskop.

Gore postrance usađena je u cijev staklena prizma, u prosjeku kao istokračan pravokutan trokut. Prizma je položena tako, da vodoravne zrake svjetlosti s predmeta na morskoj površini udaraju okomito na jednu stranu prizme, ulaze u staklo, pa se sa stražnje, kose plohe, — uz kut upadanja od 45° — p o t p u n o o d b i j a j u dolje u cijev periskopa. Tamo se zrake pomoću slične prizme skrenu u oko. Periskop se može upravljati na sve strane; on je o k o p o d m o r n i c e.

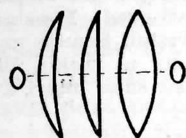
Vojnički periskop. Slični periskopi služe i na kopnu pri motrenju iz sigurnih zakloništa i u drugim prigodama (sl. 156.). Umjesto prizama, mogla bi biti i ravna ogledala, no na njima bi se odbijala svjetlost o prednju i o stražnju plohu, pa slika ne bi bila čista. Osim toga, ogledala bi se lako iskvarila.

Za bolje gledanje u daljinu, u periskopu su još druga stakla, kao i u dalekozoru ili durbinu.

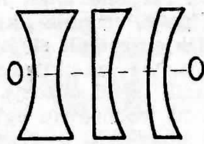
Prelamanje u lećama

Leće i njihova svojstva

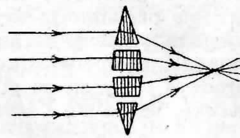
Vrste leća. O p t i č k a l e ć a je komad stakla, izbrušen s dviju strana u plohe kuglastih površina. Jedna strana može biti i ravna. Leće, koje su u s r e d i n i d e b l j e, a prema krajevima tanje, zovu se i z b o č e n e (konkveksne, sl. 157.), a koje su na s r e d i n i t a n j e — u d u b l j e n e (konkavne, sl. 158.) leće. Pravac,



Sl. 157. Izbočene (konveksne, sabirne) leće; sredina deblja, krajevi tanji. OO osovina.



Sl. 158. Udubljene (konkavne, rastresne) leće; sredina tanja, krajevi deblji. OO osovina.



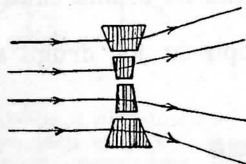
Sl. 159. Sabirna leća sabire usporedne zrake svjetlosti prema jednoj točki.

koji prolazi kroz oba tjemena, zove se optička os leće (OO). Zrake svjetlosti, što udaraju na leću, lome se dva puta i izlaze na drugoj strani van. Osna zraka izlazi neslomljena; zašto? (udara okomito). Točka u polovini između oba tjemena simetrične leće, zove se optičko središte.

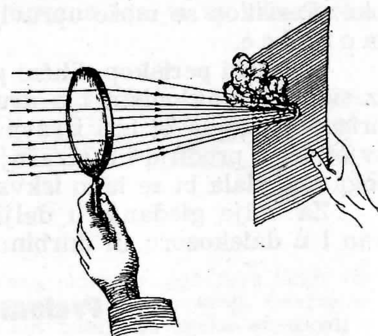
Leće možeš smatrati, kao da su sastavljene od niza optičkih prizama, kojima plohe postepeno mijenjaju kut. Zrake svjetlosti, što padaju na te pomišljene prizme, lome se tako, da nakon loma skreću oko debljeg dijela (sl. 159. i 160.).

Izbočena leća. Uzmi izbočenu leću i na nju pusti sunčanu svjetlost! S komadom papira prati na drugoj strani put prelomljenih zraka. U određenoj udaljenosti sva se svjetlost iza leće skuplja na jednom mjestu (sl. 161.). Papir se zadimi. To se mjesto zove žarište (fokus) leće. Daljina žarišta od tjemena leće zavisi od debljine i veličine leće i od vrste stakla. Tanke leće imaju žarište dalje, a deblje bliže.

Zrake svjetlosti, koje padaju na izbočenu leću usporedno s osovinom, lome se tako, da se nakon prelamanja sabiru i prolaze kroz žarište na drugoj strani. Žarište leće odgovara žarištu zaobljena ogledala.



Sl. 160. Udubljena leća rastresa usporedne zrake svjetlosti u šir.

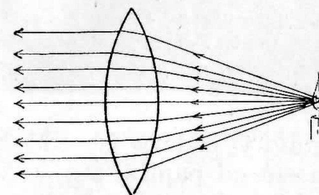


Sl. 161. Na suncu pod sabirnom lećom papir zatinja; kako i zašto?

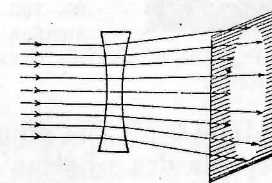
Plamen svjećice namjesti što točnije u žarište izbočene leće, pa s papirom na drugoj strani potraži, što biva s prelomljenim zrakama. U svakoj daljini dobivaš jednako široku svijetlu plohu, koja odgovara širini leće.

Zrake svjetlosti, koje izbijaju iz žarišta izbočene leće, prelamaju se tako, da na drugoj strani izlaze usporedno (sl. 162.).

Rastresanje i sabiranje svjetlosti. Istraži i na udubljenoj leći, kako ona mijenja pramen sunčanih zraka. Ona ih ne pribire, nego rastresa u širinu (sl. 163.). Isto tako i zrake iz zapaljene svijeće lome se na udubljenoj leći i rastresaju još više u širinu.



Sl. 162. Zrake svjetlosti, što udaraju iz žarišta na izbočenu leću, izlaze nakon loma usporedne.



Sl. 163. Udubljenom lećom ne možeš nagorjeti papir; zašto?

Izbočene se leće zovu i sabirne, jer zrake svjetlosti, koje s jedne strane padaju na njih, izlaze tako, da se na drugoj strani sabiru prema osovini. Nose ih sa sobom i putnici, pa njima na suncu pale vatru. Udubljene leće su rastresne, jer rastresaju svjetlost u širinu.

Vježbe. 1) Razgledaj različna stakla na naočalama i odredi, koje je izbočeno, a koje udubljeno. — 2) Zašto treba paziti, da ne ostaviš lećastih stakala negdje u sobi, kamo može doprijeti sunce? Potraži žarište trbušaste staklene boce, koju si napunio vodom! — 3) Čim planinar pali vatru, ako nema uza se žigica?

Pomorski svjetionik

Svjetionike (sl. 164.) grade na ulazima u luke, na rtovima i na drugim osobitim mjestima. Svjetlost svjetionika je putokaz brodaru u noći, a upozorava ga i na razne opasnosti. S vrška svjetionika sja jaka svjetlost, električna ili kakva druga. Izvor svjetlosti okružen je pojasom staklenih leća, a povrh njih i ispod njih je okrug staklenih prizama. Svjetlost je u svjetioniku smještena u zajedničkom žarištu sviju tih lećastih tijela, i izbija kroz njih u vodoravnim pravcima. Svjetlost, što udara na prizme, potpuno se odbija (totalna refleksija), također vodoravno.

Da brodar ne bi svjetlost svjetionika zamijenio kakvom drugom, prekidaju posebne sprave svjetlost u propisanim, pravilnim razmacima vremena. Ako je svjetlost električna, prekida se električnim putem, ili je uređeno na pr., tako, da se neprovidni zaslonac, zgodno izrezan, vrti posebnom spravom oko izvora svjetlosti.

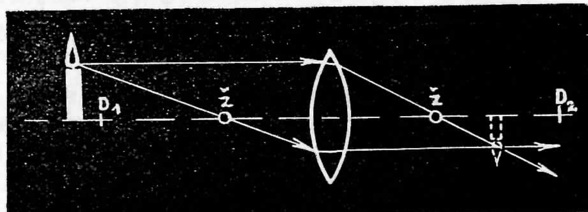
Vježbe. 1) Čemu je namješteno lećasto staklo pred žaruljom električne džepne svjetiljke? Razgledaj ga i potraži žarište!

Kakve slike pravi izbočena leća

Prave slike. Svijetla i vruća točka, što si je uhvatio na papiru u žarištu izbočene leće, nije ništa nego sličica Sunca.

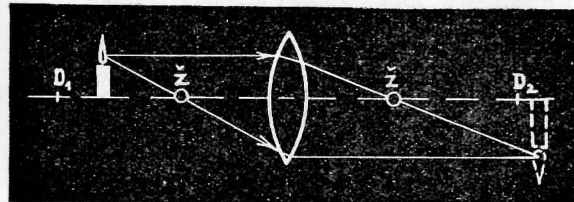


Sl. 164. Pomorski svjetionik.



Sl. 165. Kad je »predmet« (svijeća) izvan dvostruke žarišne daljine, »slika« je prava, obrnuta i umanjena na drugoj strani između dvostruke žarišne daljine i žarišta (D_2 i Ž).

U zamračenoj sobi zapali svijeću i postavi je podalje ispred izbočene leće. Na drugoj strani potraži zaslončem od papira, što će biti s prelomljenim zrakama. U određenoj daljini dobivaš obrnutu sliku plamena svijeće (sl. 165.). Ako je svijeća vrlo daleko, slika je vrlo sitna i blizu žarišta. Ide li svijeća bliže, odmiče slika dalje i postaje veća. Kad je svijeća od leće udaljena dvaput toliko, koliko je žarište, slika je na drugoj strani u jednakoj daljini i jednake veličine s predmetom. Ide li svijeća još bliže, slika se odmiče još dalje i biva veća od predmeta (sl. 166.).



Sl. 166. Kad je »predmet« između dvostruke žarišne daljine i žarišta (D_1 i Ž), »slika« je prava, obrnuta i uvećana na drugoj strani izvan dvostruke žarišne daljine.

Kad je svijeća upravo u žarištu, zrake su, nakon loma, usporedne: slika je tako daleka i tako velika, da je ne možeš ni uhvatiti.

Slike su bolje, što je leća tanja.

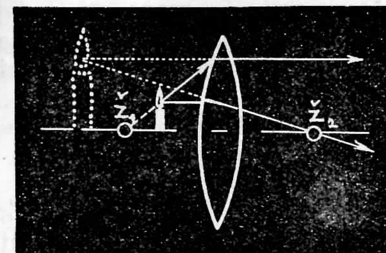
Sve su ove slike prave (stvarne, realne). I od kuće, i od drveta ispred prozora možeš uhvatiti kroz izbočenu leću ovakve slike.

Kratko pravilo: Što je predmet dalje od leće, slika je bliža i manja; što je predmet bliže, slika je veća i dalja.

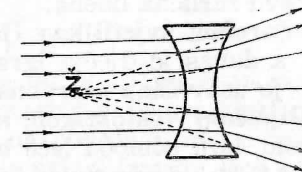
Gdje mora biti predmet, pa da slika bude manja? gdje, da slika bude jednaka predmetu? gdje, da slika bude veća?

Crtež. Na sličan način kao i kod udubljenog ogledala, crtežom dobivaš mjesto, gdje nakon prelamanja kroz izbočenu leću nastaje slika predmeta. S jedne točke predmeta potegni dvije zrake: zraka usporedna s osi lomi se prema stražnjem žarištu, a zraka, koja udara kroz prednje žarište, lomi se usporedno s osi. Gdje se sijeku, tamo se sastaju i sve druge zrake, što padaju na leću s iste točke predmeta. Tako na tome mjestu nastaje, točka po točka, prava slika predmeta. Možeš upotrijebiti i zraku, koja se lomi kroz optičko središte. Ona nakon loma ne mijenja smjera, jer se smatra, kao da je prošla kroz ravnu ploču.

Prividne slike. Svijeću primakni leći bliže nego što je žarište. Zaslonac ne pokazuje nikakve slike. No pogledaš li kroz staklo prema svijeći, vidiš prividnu, uvećanu i uspravnu sliku svijeće (sl. 167.). Zrake svjetlosti iz plamena svijeće ne sastaju se više nakon lomljenja u jednoj točki.



Sl. 167. Kad je »predmet« unutar žarišne daljine, »slika« je prividna, uspravna i uvećana, na istoj strani izbočene leće.



Sl. 168. Usporedne znake na udubljenoj leći lome se u šir, kao da izlaze iz točke Ž (rastresište).

Crtež. Zraka, koja udara na leću usporedno s osi, lomi se prema stražnjem žarištu, a zraka, koja s istoga mjesta udara u leću pravcem, kao da polazi iz prednjega žarišta, lomi se usporedno s osi. Obje se slomljene zrake ne sijeku, no produžiš li njihov put unatrag, sastaju se produženja u točki, koja je na istoj strani gdje i svijeća. Kad gledaš kroz leću, vidiš uvećanu sliku plamena.

Vježbe. 1) S izbočenom lećom na naočalama pokaži prave i prividne slike. — 2) Kapljicu vode s vrška prsta lagano položi na slova knjige! Što vidiš, objasni! — 3) Fotografska sprava i oko imaju izbočenu leću; čemu?

Kakve slike pravi udubljena leća

Udubljena leća. Sunčane zrake, što padaju na udubljenu leću, rastresaju se u širinu (sl. 168.). Na zaslonču s druge strane dobivaš uvijek svijetao okrug. Taj je sve veći, što ideš dalje od leće. Produžiš li unatrag put prelomljenih zraka, sastaju se produženja u točki, koja je na istoj strani, s koje dolazi svjetlost. Ta se točka zove rastresište (prividno žarište, Ž) udubljene leće.

Prividne slike. S udubljenom lećom ne možeš na zaslončiću uhvatiti nikakve prave slike predmeta. No gledaš li kroz nju, vidiš prividnu, umanjenu i uspravnu sliku predmeta (sl. 169.). Što je predmet bliže leći, prividna je slika veća, no uvijek manja od predmeta. Uvjeri se o tom!

Crtež. Da crtežom prikažeš, kako nastaju prividne slike s udubljenom lećom, drži se ovih pravila: Zraka, što polazi s predmeta usporedno s osi leće, lomi se tako, da se nakon prelamanja čini, kao da izlazi iz prednjeg rastresišta. A zraka, koja s iste točke predmeta udara prema stražnjem rastresištu, nakon prelamanja je usporedna s osi leće. Put prelomljenih zraka produži unatrag do njihova sjecišta, pa dobiješ mjesto, gdje vidiš prividnu i umanjenu sliku.

Leće se upotrebljavaju za mnogovrsne optičke sprave.

Vježbe. 1) S kakvim ogledalom možeš usporediti izbočenu leću? S kakvim udubljenu?

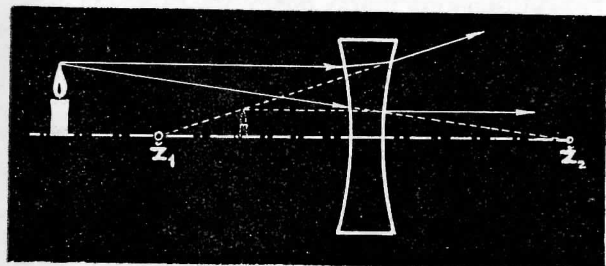
Optičke sprave

Projektori

Projektori su optičke sprave (optički instrumenti), koje uvećane slike bacaju na zid ili na zastor. Imaju prema svojoj svrsi i sastavu različna imena.

»Čarobna svjetiljka« (laterna magica) izumljena je u 17. stoljeću, a danas je dječja igračka. Opiši je! Današnji dijaskop zapravo je usavršena »čarobna svijetiljka«.

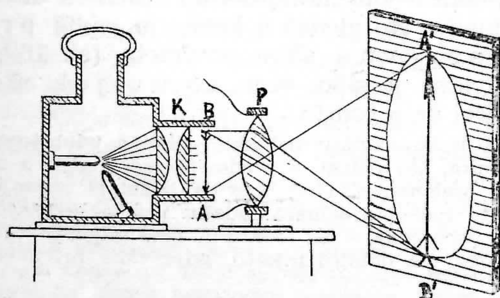
Dijaskop (skioptikon, sl. 170.) je zatvorena limena kutija s otvorom, koji pomoću leće baca na zastor u tamnoj sobi uvećanu sliku s t. zv. dijapozitiva. Dijapozitiv je sličica priređena na staklu i služi kao »predmet«. Rasvjetu daje jaka Auerova svjetiljka, a može biti i električna žarulja ili lučna električna svjetiljka. Izvor svjetlosti, pomoću udubljenog ogledala, ili sabirne leće (kondenzor, K), osvjetljuje dijapozitiv. Slika dijapozitiva namještena je naopako (obrnuto) (AB); zašto? Dijapozitiv je smješten pred glavnom projektorskom lećom (P), što je na otvoru dijaskopa. Dijapozitiv treba postaviti prema projektorskoj leći u daljinu nešto veću od žarišne daljine; zašto?



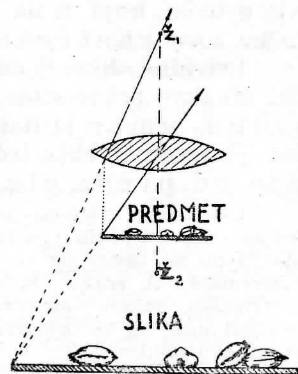
Sl. 169. Udubljenom lećom dobivaš uvijek prividnu, uspravnu i umanjenu sliku.

Episkop je udešen, da baca sliku s papira, s dopisne karte, ili fotografije. Ove slike treba da su osobito dobro osvijetljene.

Epidijaskop uređen je, da može i s papira i sa stakla bacati slike na zaslon.



Sl. 170. Dijaskop u mračnoj sobi baca uvećane slike na platno. K kondenzator, AB dijapozitiv (»predmet«), P leća, koja proizvodi sliku A' B'.



Sl. 171. Izbočena leća kao povećalo. Predmet dolazi unutar žarišne daljine.

Kinematograf baca slike s filma, a to je posebno priređena providna, elastična vrpca. Slike na toj vrpci pokazuju stvari i ljude u pokretu. Snimaju se fotografskim putem vrlo brzo jedna iza druge. Na kinematografskoj se spravi filmske slike izmjenjuju vrlo brzo, i do dvadeset puta u jednoj sekundi. Kad ih gledaš na platnu, stapaju se, pa ti se čini da gledaš »žive slike«. (Vidi opširnije na kraju optike).

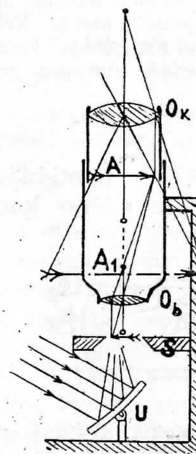
Povećalo (lupa)

Povećalo je sabirna staklena leća (sl. 171.). Služi za razgledavanje sitnijih stvari. Povećalo upotrebljavaju urari pri radu, trgovci pri ispitivanju robe. Kad gledaš na povećalo, metni ga uz oko. Predmet, koji promatraš, treba da se nalazi između leće i žarišta; zašto?

Povećalo povećava to više, što mu je manja daljina žarišta. Da na slikama ne bude bojadisanih rubova, uzimlju izbočenu leću od t. zv. kraun-stakla, a na nju nalijepe udubljenu leću od t. zv. flint-stakla. Ovakva dvostruka leća ipak je deblja u sredini i zove se akromatska leća. U građenju optičkih stakala i sprava znamenite su Zeiss-ove tvornice u Jeni u Njemačkoj.

Gledanje sitnih predmeta

Sitnozor (mikroskop, sl. 172.) upotrebljava se za promatranje vrlo sitnih bliskih stvari, koje prostim okom ne možeš vidjeti. Sastoji se od valjka, koji se može produljivati, a iznutra je pocrnjen. Na donjem kraju nosi sabirnu leću malene žarišne daljine: objektiv (Ob), a na gornjem drugu, širu: okular (Ok). Ono, što želiš promatrati, dolazi pod objektiv na staklenu pločicu. Ova leži na probušenom stoliću (S). Ispod otvora na stoliću nalazi se udubljeno ogledalce. Ono hvata svjetlost i baca je odozdo na predmet.



Sl. 172. Sitnozor. U udubljeno ogledalo za rasvjetu predmeta, koji leži na otvoru stolića S. Ob objektiv, A prava slika predmeta, A_1 prividna slika, koja se vidi okularom Ok.

Motrenje praha s leptirovih krila. Na stakalce sastruži nešto praha s leptirovih krila i metni pod objektiv. Rukujući zgodnim vijkom, dolazi staklo s prahom u daljinu nešto veću od žarišne daljine objektiva. Prelamanjem nastaje u cijevi prava, uvećana i obrnuta slika predmeta (A). Ona treba da padne unutar žarišne daljine okulara, kroz koji gledaš. S obzirom na okular, ta slika djeluje ponovo kao »predmet«, što ga promatraš povećalom. Konačno vidiš prividnu, ponovo uvećanu sliku (A_1), t. j. sliku onih zrnaca praha na staklu. Sad opažaš, da to i nije prah, nego lijepe šarene izrezuckane pločice kao crepići na krovu.

Povećavanje. Obični sitnozori povećavaju 50 do 150 puta, a bolji 1.000 i 2.000 puta. Međutim, ni najboljim običnim sitnozorom ne možeš razabrati oblika predmeta, koji mjeri ispod 0·0005 mm. Uzrok je tome, što su zrake svjetlosti zapravo valovita kretanja svjetlosti s određenom dužinom vala.

Ultramikroskop složen je tako, da svjetlost za rasvjetu predmeta ne dolazi izravno odozdo, nego sa strane. Tako možemo sićušne čestice još bolje uočiti. — Načelo ultramikroskopa osniva se na jednoj pojavi iz svagdašnjeg opažanja: U zraku sobe ima mnogo sitnih čestica praha, ali ih ne vidiš u izravnoj sunčanoj rasvjeti. Istom kad u zamračenu sobu pustiš pramen svjetlosti, a pramen motriš sa strane iz tamnoga prostora, u njemu vidiš prostim okom čestice praha.

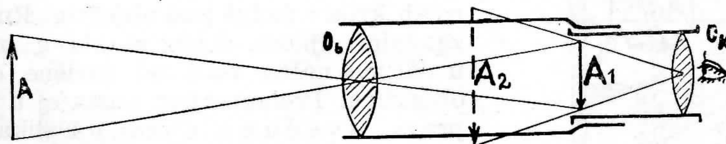
Ultramikroskopom postizava se povećanje i do 5.000 puta. Ultramikroskopom vidimo predmete i ispod 0·0005 mm, ali samo kao svijetle točkice bez pravoga oblika.

Upotreba. Sitnozor je pronašao Nizozemac J a n s e n prema kraju šesnaestoga stoljeća. Sitnozorom su otkrili ljudi u kapljici vode čitav svijet živih bića. Njim su pronašli nevidljive uzročnike zaraznih bolesti i mnoge druge, prije nepoznate stvari. Upotrebljava se i u privrednom životu i u trgovini za ispitivanje svile, škroba i druge robe. Što znaš o tim upotrebama?

Vježbe. 1) Jednostavan sitnozor možeš i sam sastaviti, ako imaš dvije sabirne leće. Uzmi dva komada plutovine, ili dva deblja plutova čepa, pa oštrim nožem ureži u svakom po jedan uzdužan urez. Pomoću ovih ureza učvrsti oba komada na brid drvena ravnala u razmaku od 10 do 15 cm. Ureži zatim na gornjoj strani svakoga komada plutovine još po jedan poprečan zarez i umetni u njih po jednu sabirnu leću. Leću manje žarišne daljine upotrijebi kao objektiv. Osovi ovu spravu na stol. Pod objektiv metni krilce muhe, ali da bude od njega nešto dalje nego je žarište, pa na gornju promatraj. Leće pomiči na bridu tako dugo, dok jasno ne ugledaš uvećanu sliku krilca.

Gledanje dalekih predmeta

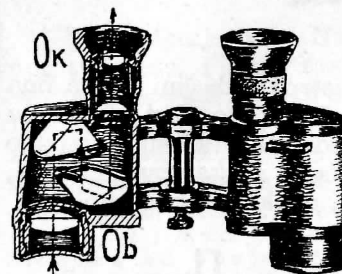
Keplerov dalekozor (astronomski durbin, sl. 173.). upotebljava se za gledanje d a l e k i h p r e d m e t a. Građen je slično kao i



Sl. 173. Keplerov dalekozor. A daleki predmet, od kojega objektiv Ob daje pravu sličicu A_1. Od A_1 nastaje pomoću okulara Ok prividna slika A_2.

sitnozor, samo je dulji. A dulji je stoga, što mu je leća objektiva (Ob) široka i tanka, pa ima v e l i k u ž a r i š n u d a l j i n u. Leća u okularu (Ok) velika je, otprilike, kao zjenica oka.

Od dalekoga predmeta (A) stvara objektiv gotovo u svom žarištu pravu, obrnutu i umanjenu sliku (A_1). Ovu sličicu gledaš na



Sl. 174. Dvostruki prizmovni dalekozor kratak je, jer zrake svjetlosti od objektiva Ob do okulara Ok dolaze zaobilaznim putem odbijajući se u staklenim prizmama.

okular, koji djeluje kao povećalo. Povećana slika (A_2) i z v r n u t a je s obzirom na predmet.

Keplerovim dalekozorom promatramo Sunce, Mjesec i druga nebeska tijela.

Koje su razlike između sitnozora i dalekozora? Objektiv dalekozora daje u m a n j e n u sliku predmeta (zašto?), a okular tu umanjenu sliku povećava. Objektiv sitnozora daje odmah p o v e ć a n u sliku (zašto?), a okular tu sliku n a n o v o povećava.

Zemaljski dalekozor (terestrični durbin) služi za ispravno gledanje predmeta na Zemlji. Između objektiva i okulara nalazi se još jedna, t r e ć a l e ć a, koja sliku izvrne po drugiput. Na okular oko motri dvaput izvrnutu sliku, pa je vidi u o n o m p o l o ž a j u, u k o j e m u j e i p r e d m e t. Zemaljski je dalekozor dulji od astronomskoga; zašto?

Prizmovni dalekozor (sl. 174.) ima, mjesto treće leće, između objektiva i okulara umetnute prikladne s t a k l e n e p r i z m e. One potpunim odbijanjem vode zrake svjetlosti zaobilaznim putem do oka, i ujedno postavljaju sliku u isti položaj, kao što ga ima i predmet. Prizmovni je dalekozor kratak. Građen je redovno za dva oka.

Dalekozori, kojima motre nebeska tijela, obično se zovu t e l e s k o p i.

Vježbe. 1) Pomoću dviju sabirnih leća, pa ravnala i plutovine pokušaj složiti jednostavni durbin (vidi naputak na str. 90.).

Iz povijesti optičkih stakala

Svojstvo prozirnih zaobljenih tijela, da daju povećane slike predmeta, poznavali su već u starom vijeku. No ljudi se nisu znali tim pravo koristiti. U trinaestom su stoljeću u I t a l i j i naučili brusiti stakla za naočale, a ta se vještina razvila još više u N i z o z e m s k o j. Na prijelazu iz 16. u 17. stoljeće javili su se u Nizozemskoj prvi sitnozori.

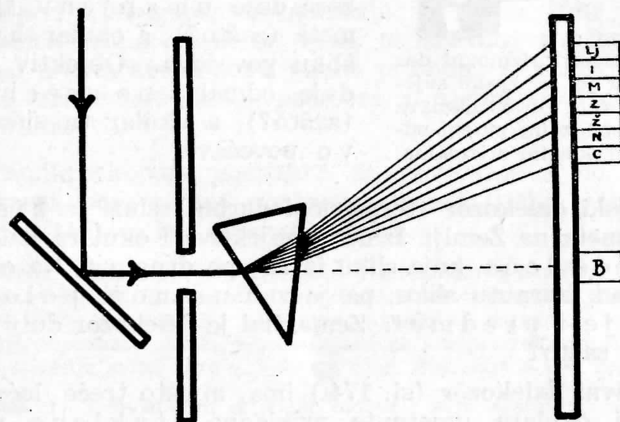
U isto su doba u Nizozemskoj pronađeni i dalekozori. Priča se, da su se djeca brusača stakla i dragulja J a n s e n a igrala stakalcima svoga oca, a jedno dijete, da je tako postavilo dvije leće, jednu iza druge, i uperilo ih na vršak tornja, pa da je iznenada opazilo u staklu pozlaćenu jabuku tornja, kao da bi mu bila na dohvatu ruke. Začuđena djeca pokazala su ocu tu čaroliju, a on je leće učvrstio i postavio na stalak. Tako su nastali prvi dalekozori. Glas o tim neobičnim spravama dopro je u Italiju do G a l i l e j a, pa je i on samostalno sastavio sličan dalekozor, s kojim je otkrio Jupiterove mjesece.

N i z o z e m s k i ili G a l i l e j e v d a l e k o z o r ima za objektiv s a b i r n u leću, a za okular r a s t r e s n u. Građen je za d v a oka.

Rastavljanje svjetlosti

Spektar boja

Iskustvo. Bjeličast kamen u mirnoj, bistroj vodi čini se, da ima rubove obojene crvenkasto i modrikasto. Isto tako, kad gledaš na lećn ili na prizmu, vidiš obojene rubove predmeta. Kad sunce ujutro obasja kapljice rose, zablisne ti odavle i odanle žarka crvena zraka, koja prelazi u druge boje, već prema tome, odakle motriš kapljicu.



Sl. 175. Razlaganje sunčane svjetlosti pomoću optičke prizme na spektar boja; b bijela pjega na zidu, kad nema prizme; cr. crveno, n narančasto, ž žuto, z zeleno, p plavo, m modro, lj ljubičasto.

Pokusi. Uzak pramen sunčane svjetlosti, što prodire u zamračenu sobu, udara u pravcu kroz zrak i na zid baca svijetlu sliku pukotine (sl. 175., b). Metni u pramen trostranu staklenu prizmu tako, da brid prizme bude usporedan s pukotinom. Zrake se prelamaju, svijetlog mjesta nestaje. Umjesto njega, javlja se na drugom mjestu sobe lijepa pruga živih boja, koje se pretaču jedna u drugu. Možeš nabojiti sedam glavnih boja, i to redom: c r v e n u (cr), n a r a n č a s t u (n), ž u t u (ž), z e l e n u (z), p l a v u (p), m o d r u (indigo, i) i l j u b i č a s t u (lj). Ove boje zovu se s p e k t a r n e b o j e, a sve zajedno: s p e k t a r.

Jednostavne spektarne boje. Spektar bojâ možeš dobiti i od električne svjetlosti i od svake druge, koja izbija iz čvrstih tijela usijanih na bijelo, ako pustiš, da se svjetlost prelama na prizmi.

Pusti, da crveni pramen spektra padne na drugu staklenu prizmu, koju si smjestio iza prve. Nakon drugog prelamanja, crvene zrake ostaju crvene; druga ih prizma samo nanovo skrene u stranu. Jednako je tako i sa zrakama druge boje. Što odatle zaključuješ? S p e k t a r n e s u b o j e j e d n o s t a v n e: ponovnim prelamanjem svake od njih ne možeš dobiti nikakve nove boje.

Vježbe. 1) Pod čašu vode metni list bijela papira, pa na suncu promatraj prelamanje i rastavljanje na boje. — 2) Promatraj boje u stakalcima, kojima su ukrašeni nekoji svijećnjaci. Zašto se boje mijenjaju, ako se miče ili oko ili stakalce?

Odakle boje spektra?

Sastavljanje boja. Na zaslonac od papira uhvati spektar sunčanog pramena. Pomiči zaslonac k prizmi sve bliže. Niz bojâ postaje sve uži, pa vidiš, da o b o j e n e z r a k e i z l a z e i z p r i z m e. Uzmi sabirnu leću i pusti, da na nju padnu sve boje spektra. Na zaslonсu vidiš, da se sve šarene zrake, koje je leća sabrala na jedno mjesto, slažu opet u b i j e l u s v j e t l o s t.

Engleski učenjak N e w t o n (N j u t o n) došao je do zaključka, da sunčana, a i svaka druga b i j e l a s v j e t l o s t, nije jednostavna, nego s l o ž e n a o d o b o j e n i h z r a k a. Dok te zrake teku zajedno, istim putem, tvore bijelu svjetlost, a kad prođu kroz prizmu, ponešto se razmaknu jedna od druge i svaka se pokaže u svojoj boji. Sabereš li ih lećom ponovno u jedno, opet dobivaš bijelu svjetlost.

B i j e l a s v j e t l o s t j e m j e š a v i n a o b o j e n i h z r a k a.

Rastavljanje svjetlosti. Razlaganje pramena bijele svjetlosti na obojene zrake zove se r a s t a v l j a n j e (r a s a p, d i s p e r z i j a) s v j e t l o s t i. Kad god se bijela svjetlost prelama, podjedno se i rastavlja na boje. Uzrok tomu je taj, što se sve zrake u bijeloj svjetlosti jednako ne prelamaju: crvena se prelama najslabije, a ljubičasta najjače; zbog toga se pramen rastrese na boje.

Spektroskop je optička sprava, koja rastavlja svjetlost na pojedine boje spektra, pa ih možeš promatrati.

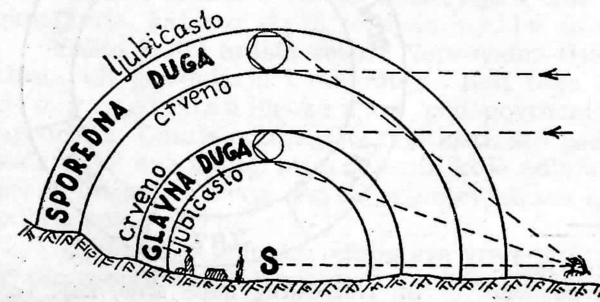
U sitnozorima i u dalekozorima rastavljanje svjetlosti smeta (zašto?), zato ga slaganjem posebnih leća nastoje ukloniti (»akromatske leće«).

Vježbe. 1) Na ploču zvrka nalijepi kolut papira, na koji si nanio što vjernije boje, kakve vidiš u spektru. Boje poredaj u okrug u obliku kružnih isječaka. Zavrti zvrk i gledaj boje: sve se stope u jednu, bjeličastu. Zašto?

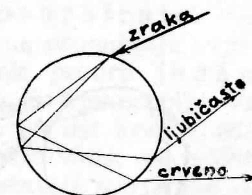
Kako nastaje duga?

Opažanja. Kad se iza ljetnoga pljuska razgali nebo na jednoj strani, a na drugoj oblaci još sipaju kišicu, pa kad prosine Sunce, ukaže se u oblacima š a r e n a d u g a kao l u k s p e k t a r n i h b o j a. Javlja se uvijek, kad Sunce osvijetli stijenu kišnih kapljica u zraku na strani protivnoj Suncu.

Središte je dugina luka pod obzorjem, na zamišljenom pravcu, što ide od Sunca kroz tvoje oko, pa dalje na stranu duge. Kad je Sunce upravo na obzorju, dugin je luk upravo polovina kružnice (sl. 176.). Crvena je boja na vanjskoj strani, a ljubičasta na unutar-



Sl. 176. Glavna i sporedna duga.



Sl. 177. Put zrake svjetlosti i razlaganje u kapljici glavne duge: lom—odbijanje—lom.

njoj (glavna duga). Često se oko glavne duge savija još drugi luk nešto slabijih boja. One su poredane izvrnuto (sporedna duga).

Tumačenje. Glavna duga nastaje od toga, što se sunčana zraka najprije prelama u kišnoj kapljici, zatim se odbija na stražnjoj plohi kapljice, a na prednjoj se ponovno prelama. Napokon iz kapljice izlazi svjetlost rastavljena na boje (sl. 177.). Crvene zrake ulaze u oko s vijenca vodenih kuglica, koje prema gledaocu imaju određeni položaj. Zelene zrake ulaze u oko sa susjednoga, nižega vijenca kapljica, a ljubičaste s najnižega.

Sporedna duga nastaje dvostrukim odbijanjem svjetlosti u kapljicama kiše, pa prelamanjem i rastavljanjem na boje (sl. 178.).

Vježbe. 1) Napuni usta vodom, okreni suncu leđa, pa isprskaj vodu u prah. Na raspršenim kapljicama vidiš dugin kolut.

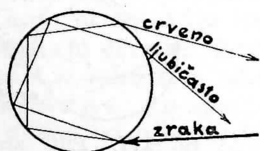
Dopunske boje

Pokus sa spektarnim bojama. U mračnoj sobi ponovno priredi spektar boja od sunčane svjetlosti i uhvati ih na zaslonu. Drugim manjim zaslonom prekrij crvene zrake, odmah po izlasku iz staklene prizme. Na glavnom zaslonu sad vidiš jednu do druge, šest boja: narančastu ,žutu, zelenu, plavu, modru i ljubičastu. Saberi tih šest vrsta zraka sabirnom lećom zajedno. Dobio si zelenu boju. Ova zelena s onom crvenom sastavlja se opet u bijelu svjetlost.

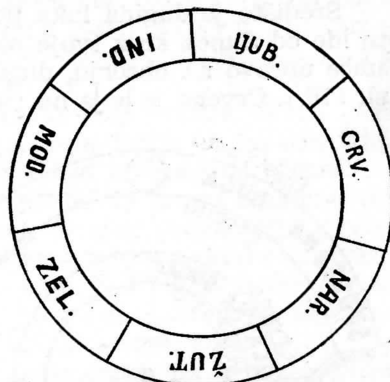
Izlučiš li iz spektra ljubičaste zrake, možeš preostale sastaviti u žutu svjetlost. Ova žuta s onom ljubičastom sastavlja se ponovno u bijelu svjetlost.

I sama crvena i sama zelena spektarna boja sabirnom lećom sastavljaju bijelu svjetlost. Za svake dvije spektarne boje, koje se dopunjuju na bijelu svjetlost, kažemo da su dopunske (komplementarne) boje. Dopunske su: crvena sa zelenom, narančasta s plavomodrom i žuta s ljubičastom.

Pokus s obojenim papirom. Promatraj duže vremena listić jarko crvenoga papira na bijeloj podlozi. Za malo vremena, kad



Sl. 178. Put zrake svjetlosti i razlaganje u kapljici sporedne duge: lom — odbijanje — odbijanje — lom.



Sl. 179. Okrug boja. Boje, koje su nasuprot, dopunske su.

skreneš okom, vidiš na podlozi dopunsku zelenu boju. Kako to? Dok si duže vremena gledao u crvenu boju, izmorio se vidni živac i on je postao neosjetljiv za tu boju. Kad si zatim skrenuo oko na bijeli papir, neko su vrijeme prestale djelovati na vidni živac oka crvene zrake iz bijele svjetlosti. Preostale zrake proizvele su u oku osjet dopunske zelene boje.

Promatraj isto tako papiriće drugih boja, pa gledaj, koja će se boja javiti kao dopunska.

Okrug boja. Poredaj u okrug sedam boja, kako redom dolaze u spektru (sl. 179.): svaka se boja dopunjuje s onom, koja je prema njoj na protivnoj strani okruga.

Stvarne boje i njihovo miješanje

Od spektarnih boja treba razlikovati stvarne boje, kojima se služimo pri slikanju i pri bojenju tkanina. Stvarne su boje na pr.: karmin, cinober, oker, berlinsko modrilo i t.d. Spektarne su boje čiste i jednostavne; one se ne mogu razložiti na druge boje. Stvarne su boje nečiste i složene; one se mogu razložiti na više jednostavnih boja. Izmiješaš li kičicom kojegod dvije dopunske stvarne boje, ne ćeš dobiti bijelu, nego mutnu, sivu boju. Izmiješaš li kičicom koje druge dvije stvarne boje, dobivaš onu, koja na okrugu boja (vidi sl. 179.) leži između njih. Tako crvena i žuta daju narančastu, narančasta i zelena žutu, žuta i plava zelenu i t. d. (gledaj okrug boja!).

Trobojni tisak osniva se na tome, da se miješanjem samo triju boja (na pr. žute, crvene i modre) mogu dobiti i sve ostale boje. Na taj način dobivene su bojadisane slike u knjigama. Na isti list papira pritiskuju se redom tri ploče, svaka u svojoj boji. Na nekim mjestima papira boje padaju jedna na drugu i miješaju se. Tako nastaje slika, na kojoj se vide i druge boje.

Šarenilo u prirodi

Obojena stakla. Pusti pramen bijele svjetlosti na pločicu od crvena stakla. Iza stakla izlaze crvene zrake. Kakve su boje bile u pramenu prije prolaza kroz staklo? Kakva je boja pramena nakon prolaza? Što odatle zaključuješ? Crveno staklo iz bijele svjetlosti zaustavlja sve zrake, a propušta samo crvene. Pločica od zelena stakla propušta iz bijele svjetlosti zelene zrake, a ostale zaustavlja i t. d. Za boje, koje tijelo zaustavlja, kažemo, da ih je tijelo upilo ili apsorbiralo.

Zašto je list hrasta zelen? Neprovidna tijela ne propuštaju svjetlosti, ali je odbijaju i raspršuju. Kod toga ipak prodre jedan dio svjetlosnih zraka pod površinu pa ih tijelo upija ili apsorbira. Ostale odbija. Od svjetlosti, što padne na list hrasta, zaustavi list sve zrake, osim zelenih, koje odbija; zato vidiš, da je list zelen. Cvijet je crven, jer od bijele svjetlosti zaustavlja sve zrake, a odbija samo crvene.

Tijelo, koje jednako odbija sve vrste zraka, bijelo je, a koje sve zrake zaustavlja ili upija — crno. List papira bijel je, čađa je crna; zašto?

Zašto je površina mnogih optičkih sprava iznutra pocrnjena?

Boje tankih slojeva

Mjehuri od sapunice. Zacijelo si se divio lijepim bojama, koje si vidio na mjehurima od sapunice, kad si se zabavljao tom poučnom igrom! Kažu, da se je i engleski fizičar Newton u odrasloj dobi zabavljao praveći mjehure od sapunice, i ljudi, koji su to vidjeli, govorili su, da je Newton podjetinjio! Ali Newton je zapravo proučavao boje na tim mjehurima.

Kod zabave s tim mjehurima opazio si, da se boje pojave na površini mjehura istom onda, kad se kožica veoma rastanji. — I drugdje se pojavljuju takve boje tankih slojeva. Kapljica ulja, petroleja na vodi, na mokru pločniku, kad se dovoljno rastanji (oko tisućine milimetra), pokazuje na površini također različite boje. — Čeličnu iglu drži kratko vrijeme jednim krajem na plamenu! I na površini igle pojavljuju se određenim redom boje, koje ostanu. One su nastale na tankoj kožici željeznoga oksida, koji se je uhvatio igle.

Svjetlost — valovito gibanje. Pojavu boje tankih providnih slojeva protumačili su fizičari pomoću svojstva, da se svjetlost širi u valovitim zrakama vrlo sitnih dužina vala. Svakoj boji u bijelom pramenu pripadaju valovi određene dužine. U tankim slojevima poništavaju se određeni valovi iz bijele svjetlosti. Tako iz bijele svjetlosti nestane jedne boje, a stoga ostali dio zraka svjetlosti poprimi određenu dopunsku boju.

Spektralna analiza

Neprekinuti spektar. Svako čvrsto tijelo, kad ga ugriješ na 525° C, počinje izbijati crvenu svjetlost. Kod 1000° C svijetli bijelom svjetlošću.

Promatraj u spektroskopu spektar usijane platinske žičice, električne žarulje i drugih usijanih čvrstih tijela. Boje spektra vidiš, gdje se neprekinuto prelijevaju jedna u drugu. Neprekinuti spektar daju samo usijana čvrsta tijela i usijane tekućine.

Prekinuti spektar. Na vrućem bezbojnom plamenu špiritne ili plinske grijalice pusti da se ispari nešto kuhinjske soli (NaCl). Promatraj usijane pare u spektroskopu! Vidiš samo jednu žutu crtu. Ona potječe od usijanog natrija; ostalih dijelova spektra nema. Ovakav prekinuti spektar daju uvijek usijane pare i plinovi. Tako usijani vodik pokazuje u spektru jednu crvenu i dvije modre crte, usijane pare kalcija više narančastih i žutih crta, i t. d.

Potpuno usijana čvrsta tijela redovno izbijaju bijelu svjetlost. Usijane pare i plinovi izbijaju obojenu svjetlost.

Spektralna analiza. Prolazi li svjetlost usijanih čvrstih tijela kroz usijane pare ili plinove, nakon rastavljanja dobivamo niz spektarnih boja, isprekidan određenim brojem tamnih usporednih crta. Tamne crte nalaze se upravo na onim mjestima, gdje bi stajale svijetle crte samih usijanih para ili plinova. Po broju i razmještaju tamnih crta možeš zaključiti, kroz koje je sve pare ili plinove svjetlost prošla.

Na ovim se opažanjima osniva spektralna analiza, t. j. ispitivanje kemijskog sastava raznih tijela pomoću svjetlosti. Pomnim promatranjem sunčanog spektra pokazalo se, da je i on isprekidan finim tamnim crtama. Iz toga se zaključuje, da svjetlost, što izbija iz Sunca, prolazi ovojem usijanih para i plinova. Po broju i razmještaju tih crta našli su, da na Suncu ima vodika, željeza, natrija, kalija, kalcija, magnezija i drugih tvari, sve u stanju usijanih para.

Kemijski učinci svjetlosti

Kemijske zrake

Izbljeđivanje. Platno izbjeljuju na suncu; kako? — Odijelo, što ga nosiš duže vremena, izblijedi, i to najjače tamo, gdje je bilo najviše izvrgnuto sunčanim zrakama. I bojadisani papiri izblijede na svjetlosti.

Učinci kemijskog rastavljanja. Bijeli srebrov klorid (AgCl) potamni na svjetlosti, jer ga svjetlost kemijski rastavi, pa se srebro izluči rasitnjeno na fina crna zrnca. Isto se događa i sa srebrovim bromidom. — Pomoću svjetlosti rastavlja se u zelenim dijelovima biljke ugljični dioksid (CO_2) tako, da biljka zadrži za sebe ugljik, a otpušta jedan dio kisika.

Ultraljubičaste zrake. U tamnoj sobi baci spektar sunčane svjetlosti na papir premazan srebrovim kloridom. Pod crvenim i narančastim zrakama premaz ne tamni gotovo ništa, pod žutim i zelenim vrlo slabo, a pod modrim i ljubičastim zrakama jače. No i dalje, uz ljubičasti dio spektra, gdje nisu pale nikakve vidljive zrake, premaz pocrni još jače. Na ovo mjesto, dakle, moraju padati nevidljive zrake, koje izvode kemijske učinke kao i ljubičaste zrake. Zovu se ultraljubičaste (ultravioletne) zrake. Primjenjuju ih i liječnici kod liječenja nekojih bolesti.

»Umjetno sunce« je posebna električna žarulja s usijanim živinim parama, koja isijava i mnogo ultraljubičastih zraka. Da te zrake dobijemo same, prekrivamo žarulju t. zv. uviol-staklom (kratica od u[ltra] viol[etno]). Uviol-staklo je crno, ali propušta ultraljubičaste zrake. — U tamnoj sobi pod zrakama uviol-žarulje počnu svijetliti nokti i pravi zubi, dok koža i krivi zubi ostaju tamni.

Ultraljubičaste zrake pomažu pri otkrivanju krivotvorina.

Modre, ljubičaste i ultraljubičaste zrake zovu se i kemijske zrake, jer na nekim tvarima proizvode kemijske promjene.

Na djelovanju kemijskih zraka osniva se fotografiranje.

Vježbe. 1) Zašto trgovci tkaninama zastiru svoje izloge od sunčanih zraka? Jesu li sve boje nestalne na suncu? Koje su stalnije? (»Indantrenske boje«). — 2) Kakav učinak proizvode sunčane zrake na kožu tvoga tijela? Što znaš o tom? — 3) Zašto neki ljudi idu na sunčanje u visoke planine?

Iz povijesti fotografiranja

Svjetlopis. Početkom devetnaestoga stoljeća u Engleskoj su pravili jednostavne slike na papiru, koji je bio namočen u vodenoj otopini srebrova klorida. Na takav bi papir položili na pr. list hrasta i izložili ga suncu. Papir je na svjetlosti pocrnio, a pod listom ostao je bijel. Tako bi nastao, u neku ruku, svjetlosni otisak lista. Te su slike bile kratkoga vijeka: morali su ih čuvati u tami i razgledavati pri slaboj svjetlosti; zašto? To su bile prve slike na papiru, kojih nije izradila čovječja ruka. Počeli su ih zvati fotografijama (svjetlopis, suncopis).

Niépce-ove slike. Francuz Niépce (Nijes) opazio je, da je i zemna smola (asfalt) osjetljiva na svjetlost. Svježa zemna smola otapa se u petroleju i u eteru. Ako je neko vrijeme izložiš djelovanju sunčane svjetlosti, više se ne otapa ni u petroleju ni u eteru. Niépce je metnuo bakrenu ploču prevučenu svježom zemnom smolom u »tamnu komoricu« (»kameru«)

i uhvatio na ploču pomoću staklene leće sliku neke kućice. Nakon nekoliko sati izvadio je ploču i prelio eterom. Smola, koja je bila na svjetlijim mjestima slike, ostala je, a ona s tamnijih mjesta rastopila se, i Niépce ju je isprao. Tada je ugledao na ploči slabo razgovijetnu sliku kućice. Takve su slike bile trajne i na svjetlosti se više nisu mijenjale.

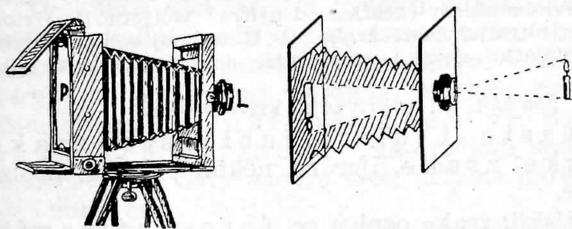
Daguerre-ove slike. Drugi Francuz, imenom Daguerre (Dager), pomoću leće izrađivao je fotografije na srebrnoj pločici, koju je prije izložio parama joda i time prevukao srebrovim jodidom. I takve je slike on umio ustaliti tako, što je nakon osvjetljenja oprao ploču u tekućini, koja je odstranila nepromijenjeni srebrov jodid. Da bi dobio sliku čovjeka, morao je čovjek da kao »predmet« sjedi po čitave sate pred lećom »tamne komorice«. Na ploči, koja je bila izložena samo kratko vrijeme, nije se vidjela nikakva slika. Nekoliko takvih »pokvarenih« ploča spremio je Daguerre u škrinju, pa jedamput slučajno uze u ruke jednu od njih. I gle čuda! Na ploči ugleda jasnu sliku čovjeka. Daguerre nasluti, da u škrinji ima nešto, što slabašnu, skrivenu sliku na ploči pojačava (razvija) i čini je vidljivom. Nakon dugog iskušavanja i pretraživanja, otkrio je, da tu čaroliju izvode živine pare, što su izlazile iz nezačepljene bočice, koja se slučajno nalazila u sanduku.

Tako Daguerre otkrije sredstvo, koje razvija slabašne, nevidljive slike, što nastaju na kožici srebrova jodida iza kratkog osvjetljenja u »tamnoj komorici«. Poslije su pronašli i druge tvari (»razvijači«), koje izvode jednak učinak.

Fotografiranje

Fotografski aparat (sprava) (sl. 180.) je zatvorena kutija, koja se može produživati. Sprijeda je leća (objektiv, L). Stražnja je stijena ploča od mutnog stakla (P).

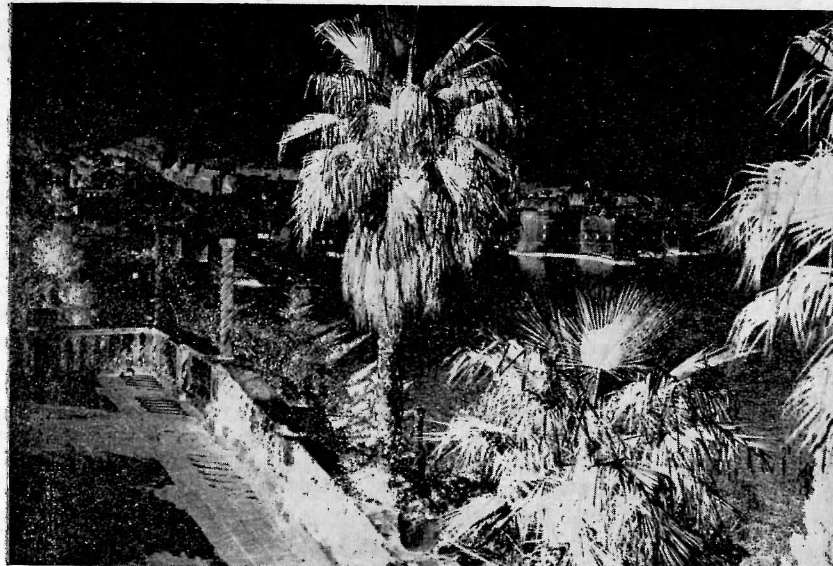
Snimanje. Kod fotografiranja treba spravu namjestiti tako, da na ploču padne oštra slika predmeta, koji je ispred leće. Kad je slika dobro smještena, zastri leću, a straga podmetni staklenu ploču s premazom od srebrova bromida. - Umjesto staklene ploče upotrebljava se i film. Zašto je to zgodnije? Srebrov je bromid vrlo osjetljiv na svjetlost. Leću otkrivaš samo na časak (»snimanje«); kako? Kroz kratko vrijeme snimanja, svjetlost tek načne razlagati srebrov bromid.



Sl. 180. Fotografski aparat. L leća objektiva, P ploča, koja hvata obrnutu sliku.

Razvijanje negativa. Nakon toga treba pomoću razvijača nastaviti i dovršiti posao, što ga je svjetlost započela (»razvijanje«). Slika se razvija u zamračenoj sobici pri crvenom svijetlu: zašto? Ploča se kupa u rastopini hidrohinona sve dotle, dok mjesta, koja su bila osvijetljena, ne pocrne od izlučenog srebra. Takva se slika zove negativ (sl. 181.). Zubi su na negativu crni, a zjenice bijele; zašto?

Ustaljivanje. Ploča s negativom još ne smije na svjetlost; ona se mora ustaliti (»ustaljivanje«, fiksiranje). To se postizava pranjem ili kupanjem ploče u rastopini natrijskoga


Sl. 181. Fotografski negativ: grad Dubrovnik.


Sl. 182. Fotografski pozitiv: grad Dubrovnik.

tiosulfata. Pranjem se odstrani s ploče onaj srebrov bromid, koji na slici nije bio osvijetljen pa je ostao kemijski nepromijenjen.

Pozitiv. Pomoću gotovog negativa izrađuje se p o z i t i v (sl. 182.), a to je slika, koja po rasporedu svijetlih i tamnih mjesta odgovara predmetu. Ploču s negativom polažeš na osjetljiv fotografski papir i izvrgavaš sunčanoj svjetlosti. Pod svjetlijim mjestima negativa papir lagano pocrnjuje, a pod tamnijim ostaje bijel. Taj pozitiv treba još ustaliti — i fotografija je gotova.

Vježbe. 1) Kako treba raditi, ako želiš uhvatiti fotografskim aparatom veću ili manju sliku istoga predmeta? — 2) Gledaj, kako izgledaju na fotografiji mjesta, koja su nastala od modroga, a kako od crvenoga predmeta. — 3) Zašto na nekim fotografijama lice izgleda mlađe, nego što je uistinu? — (Fotograf obrađuje negativ olovkom [»retuš«]). — 4) Imaš li zgode, možeš za pouku prirediti jednostavnu f o t o g r a f i j u n a l i s t u k a k v e b i l j k e. Na listu staniola izreži križić. Takav list staniola obavij oko zdravog zelenog lista na stabljici dragoljuba, lijeske ili druge biljke. Prorez u obliku križića neka bude na licu lista i neka ga do večeri obasjava sunce. Zatim skini staniol, otrgni list, zamoči ga na časak u vrelu vodu, a potom neka leži duže vremena u tanjuriću pod alkoholom. Alkohol izvuče iz njega lisno zelenilo. Na koncu uzmi nešto jodne otopine (kakvom mažeš rane), pomiješaj nekoliko kapi s vodom i umoči list u otopinu. Onaj dio lista, koji je bio nezastrt — potamni. Dobio si fotografiju križića na listu.

Hladno svijetljenje

Svijetleći brojčanik. Dijamanti imaju svojstvo, da neko vrijeme svjetlucaju u t a m i, ako su prije toga b i l i o s v i j e t l j e n i suncem. Isto svojstvo imaju i neka druga tijela, na primjer kalcijev sulfid. Mješavinama takvih tvari premazuju kazaljke i brojke na urama, koje onda u noći toliko svijetle, da se vidi koliko je sati.

Fosforescencija. Kukčići ivanjske krijesnice svjetlucaju nazatku blagom zelenom svjetlošću. To hladno svijetljenje zove se f o s f o r e s c e n c i j a. Fosforescencija se osniva na određenim kemijskim promjenama. Ovako svijetle i neke bakterije, što rastaču trulo drvo, a i neke životinje, što živu u moru. Gdje si sve vidio ovakvo svijetljenje?

Toplinski učinci svjetlosti

Sunčane zrake

Učinci sunčanih zraka. Pored svjetlosnih učinaka (na oko), i kemijskih (na fotografsku ploču), izvode s u n č a n e z r a k e još i treće: z a g r i j a v a j u t i j e l o, k o j e i h z a u s t a v l j a (toplinski učinci).

Na vedrom zimskom danu okreni jednu stranu obraza k Suncu. Kakva je razlika osjeta između jedne i druge strane obraza? Zašto ne smiješ toplomjer izložiti sunčanim zrakama, ako želiš izmjeriti samo temperaturu zraka?

N a j v e ć i d i o s u n č a n i h z r a k a p r o i z v o d i i s t o d o b n o i s v j e t l o s n e i t o p l i n s k e u č i n k e.

Kako se zagrijava Zemlja. Zašto se avijatičar i ljeti toplo oblači, kad treba da se digne u veliku visinu? Zašto je zrak u visini hladniji, nego u nizini uz površinu Zemlje? S u n č a n e z r a k e n e z a g r i j a v a j u g o t o v o n i š t a z r a k a, k r o z k o j i p r o l a z e: zrak ih propušta. Tek, kad se zaustave na površini zemlje, zemlja se ugrije. Od tople se površine zemlje zagrijavaju najprije najniži slojevi zraka, a zatim postepeno viši, i to v o đ e n j e m i s t r u j a n j e m.

Stupanj zagrijavanja zrakama zavisi još i od položaja tla prema sunčanim zrakama. Primakni dlan ruke jedamput koso, a drugiput okomito prema toplinskim zrakama, što izbijaju iz peći. Kakvu razliku osjećaš? I sunčane zrake jače griju, kad udaraju okomitije na površinu tijela; zašto? Predočiš li u crtežu sunčane zrake usporednim pravcima, vidiš, da ista ploha hvata više zraka, kad udaraju okomitije (vidi sl. 127.).

Ultracrvene zrake

Pomičeš li o s j e t l j i v toplomjer po sunčanom spektru, opažaš, da c r v e n i d i o p r o i z v o d i v i š u t e m p e r a t u r u od modroga. Namjestiš li toplomjer tik pored crvenoga dijela sunčanoga spektra, gdje već ne vidiš nikakvih zraka, i na tome mjestu opažaš još višu temperaturu. Na ovo mjesto padaju nevidljive sunčane zrake, koje proizvode temperaturu još višu od crvenih. Ove nevidljive toplinske zrake zovu se u l t r a c r v e n e z r a k e. Optička ih prizma prelama još manje od crvenih.

Tijela prema sunčanim zrakama

Upijanje i odbijanje. Na sunčanim zrakama pomoću staklene leće pali bijeli i tamni papir! Koji prije progori? — Jednu čašicu napuni mlijekom, a drugu vodom, koju si zacrnio tušem, pa obje izloži suncu. Toplomjerom ispituj zagrijavanje! Voda s tušem zagrije se jače i brže nego mlijeko (sl. 183.). Uzmi dva živina toplomjera, pa kuglicu jednoga oprezno očađi na plamenu svijeće. Kad oba budu imala jednaku temperaturu, izloži ih suncu. U očađenom se toplomjeru živa digne više.

Koji je razlog tim pojavama? Sjeti se jednakih učinaka nevidljivih toplinskih zraka, što izbijaju iz zagrijanih tijela!

T a m n e i h r a p a v e p o v r š i n e z a u s t a v l j a j u i u p i j a j u s u n č a n e z r a k e, a s v i j e t l e i g l a t k e o d b i j a j u i h.

Zašto ljeti ne nosimo odijela tamne, nego svijetle boje? Kako se vlada prema sunčanim zrakama zemlja crnica, a kako zemlja svjetlije boje?

Površina zemlje preko dana upija sunčane zrake i zagrijava se. U vedroj noći izbija ista zemlja u prostor nevidljive toplinske zrake, i ohlađuje se. Oblaci hvataju toplinske zrake, što noću izbijaju iz zemlje i ne daju da se toplina izgubi u svemir. Objasni, s tim u vezi, nastajanje rose i mraza.

Sunčane zrake u poljoprivredi. Zašto se s proljeća snijeg brže topi na južnoj strani brijega, nego na sjevernoj? Zašto sade vinograde radije na obroncima, nego u ravnicama, a zašto najradije na obroncima, koji gledaju k jugu ili k jugozapadu?

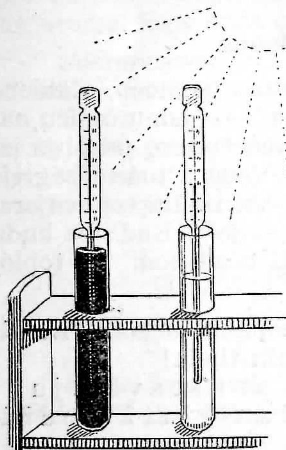
Zimi pospi nešto čađe na površinu snijega i motri, kako se na tom mjestu pod zrakama sunca snijeg brže topi!

Zašto proljetni usjevi brže tjeraju iz tamnoga tla, nego iz svjetlijega? U nekim krajevima prekrivaju tlo vinograda crnim pločicama škriljevca; obrazloži to! Zašto vinogradar pali s večeri u proljeće vatru i pušta, da dim prekrije vinograd, kad se boji, da bi moglo biti mraza? Zašto se s proljeća biljni sok pokrene u okrečenim voćkama kasnije, a u neokrečenim ranije? (Okrečena stabla slabije primaju sunčanu toplinu).

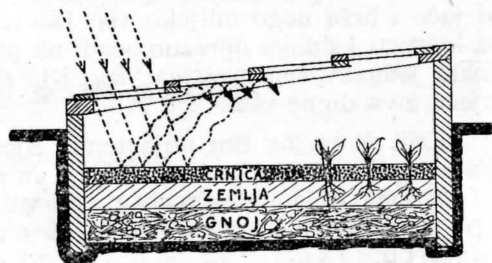
Kod tih je pojava od važnosti temperatura tla. Hladnije tlo upija svjetlosne i toplinske zrake Sunca i prima toplinu, a upijanje je to jače, što je tlo tamnije boje i hrapavije površine. Kad je tlo toplije od okoline, ono izbija toplinske zrake i ohlađuje se, i opet to više, što je tamnije i hrapavije. Zašto se za vedrih noći jače ohladi zemlja crnica od zemlje svjetlije površine? Zašto se za naglih mrazeva katkad raspucaju neokrečena stabalca, a okrečena ostaju čitava? Po livadama i izoranim njivama često se hvata mraz, a nema ga po izgaženim stazama ni po povaljanim oranicama; zašto? (manja hrapavost).

Klijališta i staklenici. Kad si zimi sjedio u sobi pored zatvorena prozora, prema suncu, osjetio si, kako te griju sunčane zrake. S t a k l o p r o p u š t a s u n č a n e z r a k e. No metneš li staklenu ploču između svoga obraza i vruće peći, iz koje izbijaju nevidljive toplinske zrake, smjesta ćeš osjetiti, da toplinske zrake više ne udaraju na kožu tvoga obraza. Zaključak? O b i č n o s t a k l o n e p r o p u š t a n e v i d l j i v i h t o p l i n s k i h z r a k a.

Staklenik služi u gospodarstvu, da pribire i zadržava toplinu, koja je potrebna za bolje napredovanje povrća i biljaka za rasad. Staklenik je kao kućica niskih zidova, ozgo pokrit staklenim pločama (sl. 184.). Tlo je u njemu nasuto od 3 sloja: najdonji je sloj stajskoga, najbolje konjskoga, gnoja, nad njim je vrtna zemlja, a povrh svega sloj crnice (humusa). Staklo propušta u staklenik sunčane zrake, a ne propušta toplinskih, što ih izbija zagrijana crnica. Stajski gnoj povećava toplinu u stakleniku truljenjem i raspadanjem.



Sl. 183. U jednom stakalcu je voda zacrnjena tušem, u drugom mlijeko. Oba su na suncu. Pogledaj toplomjere!

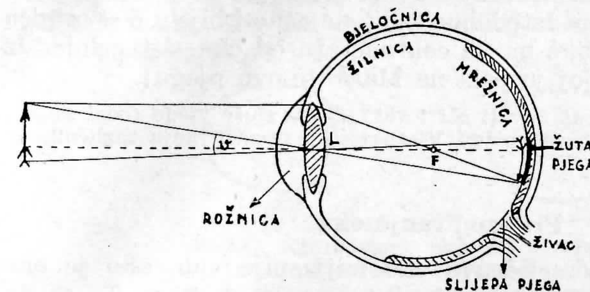


Sl. 184. Klijalište. Staklo propušta u klijalište sunčane zrake, a ne propušta toplinske napolje.

Oko i gledanje

Sastav i rad oka

Opis. O č n u j a b u č i c u omata žilava bijela koža, b j e l o č n i c a (sl. 185.). Prednji dio bjeločnice providan je i ispupčen, i zove se r o ž n i c a. Sa strane gledaj oko svoga druga i uvjeri se, da je rožnica ispupčena. Ispod bjeločnice je naslaga krvnih žilica, što hrane oko: ž i l n i c a. Iznutra je prekrita crnom naslagom (a tako je i kod drugih optičkih sprava; zašto?). Onaj dio žilnice, koji se nalazi iza providne rožnice, vidi se kao šarenkast kolut različito obojen i zove se š a r e n i c a (»modro, »crno«, »smeđe« oko). Otvor u šarenici je z j e n i c a; ona je crna, jer se kroz nju nazrijeva tamna unutarnjost oka. Na zjenicu ulazi svjetlost u oko.



Sl. 185. Oko; v vidni kut predmeta, F žarište oka; slika predmeta pada na žutu pjegu.

Kroz stražnju stijenu očne jabučice u obliku snopa živčanih vlakanaca ulazi u oko v i d n i ž i v a c. Ta se vlakanca raspuzavaju po unutarnjoj strani stražnje stijene i tvore treću, mrežastu naslagu, m r e ž n i c u. Mrežnica je osjetljiva na svjetlost. Iza zjenice je smještena o č n a l e ć a (L), bezbojno elastično tijelo, koje ima oblik izbočene leće. Šupljina oka ispunjena je bezbojnom tvari, nalik na hladetinu: o č n a s t a k l e n i n a. Sprijeda između rožnice i zjenice nalaze se, više vodenasta, o č n a v o d i c a.

Djelovanje. Od predmeta, koji je pred okom, ulaze u oko zrake svjetlosti, prelamaju se na rožnici i na leći i sastavljaju na mrežnici izvrnutu sličicu. Ova sličica podražuje živčane okrajke u mrežnici, a taj podražaj uzrokuje osjet vida. Predmet, koji gledaš, mora biti dobro osvijetljen, a ne smije biti prema oku pod presitnim vidnim kutom (v). Kod slabe rasvjete širiš zjenice. Prejaka svjetlost smeta oku: zjenice se suzuju. Motri zjenice u mačke!



Sl. 186. Pokus za slijepu pjegu: pruži knjigu preda se, zatvori desno oko; lijevim nepomično promatraj krug i primiči knjigu, dok se potpueo ne izgubi nejasna slika četvorine.

Slijepa pjega i žuta pjega. Dobro vidiš samo one predmete, koji su upravo p r e d okom. Od takvih predmeta sličica pada na n a j o s j e t l j i v i j e m j e s t o m r e ž n i c e: na ž u t u p j e g u. Ona se nalazi upravo prema zjenici. Predmete, koji su postrance, vidiš nejasnije. Bliže prema korijenu nosa, nalazi se na mrežnici mjesto, gdje se vidni živac probija u oko. To je mjesto n e o s j e t l j i v o

za svjetlost i zove se Mariotte-ova ili slijepa pjega. Padne li sličica upravo na to mjesto, predmeta ne vidiš. — Zatvori desno oko, a lijevim oštro gledaj u desni kružić na slici 186. Iz podaljega knjigu primiči oku. Istodobno vidiš nejasno i bijelu četvorinicu. Kad knjiga dođe otprilike na 20 centimetara od oka, četvorinica iznenada iščezne: slika joj je pala na Mariotte-ovu pjegu!

Vježbe: 1) Kako trebaš čuvati oči i vid? Čemu služe vjeđe (očni kapci), suzna vodica, trepavice, obrve? — 2) Vježbaj se u prosuđivanju različnih daljina.

Prilagođivanje oka

Daljina jasnog vida. Zdravo oko najjasnije vidi, ako je ono, što gleda, u daljini od 25 centimetara pred okom. Ta se daljina zove daljina jasnoga vida. Ako se predmet nalazi u toj daljini, oštra slika pada upravo na mrežnicu. Ako je predmet dalje, sličica se sastavlja nešto ispred mrežnice; ako je bliže onda iza nje. U tim daljinama ne pada na mrežnicu oštra slika predmeta.

Mijenjanje debljine očne leće. Da bi jasno vidio u većoj i u manjoj daljini, trebalo bi za svaku udaljenost predmeta urediti drugi razmak između leće i mrežnice (kao što se to radi kod snimanja fotografskim aparatom. Oko nema te sposobnosti, ali ima drugu. Pomoću mišića možeš pomalo mijenjati debljinu očne leće Deblja leća umanjuje daljinu slike, a tanja povećava. Uvjeri se o tom sa staklenim lećama.

Kad gledaš u daljinu, osjećaš, kako se oko napreže, da stanji leću; zašto? I za predmet, koji ti je bliže od daljine jasnoga vida, naprežeš oko; zašto?

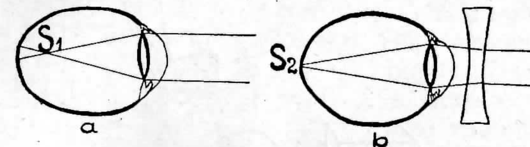
Sposobnost, da se može oko prilagoditi raznim daljinama predmeta, zove se prilagođivanje (akomodacija). Prilagođivanje oka ima granice. Metni prst tik uz oko: uz najveći napor ne vidiš ga jasno; zašto?

Vježbe. 1) Motri svoj prst ispred očiju. U svakom oku ima po jedna slika prsta, ali ipak vidiš samo jedan prst. Očni mišići namještaju oba oka tako, da se produženja očnih osovina sastaju na predmetu, koji promatraš. Obje slike stapaju se u jednu. — 2) Približi prst sasvim k očima. Od jednoga prsta vidiš dvije slike: svakim okom po jednu. Obrazloži, zašto? (Očni mišići ne mogu više namjestiti oba oka tako, da se produženja očnih osovina sastaju na istom predmetu; slike se ne stapaju). — 3) Razroke (»škiljave«) oči vide također dvije slike od jednoga predmeta. (Pogrješka očnih mišića).

Komu trebaju naočale

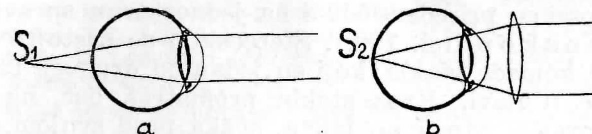
Kratkovidne oči. Ima ljudi s takvim očima, da im je očna osovina, t. j. daljina između leće i žute pjege, duža nego kod običnih (normalnih) očiju. To su buljooki ljudi. Poznaješ ih i po tome, što pri čitanju primaknu knjigu k očima mnogo bliže nego drugi. Oni imaju kratkovidne oči.

Slika predmeta, koja je ispred kratkovidnog oka u daljini od 25 centimetara, ne pada oštro na mrežnicu, nego ispred nje (sl. 187., a). Da ne napréžu oči, kratkovidni se ljudi pomažu tako, da primaknu ono, što gledaju, bliže oku; zašto? Što je predmet bliže, slika pada dalje od leće.



Sl. 187. Kratkovidno oko (a) stvara oštru sliku S_1 ispred mrežnice; rastresna leća (b) pomiče sliku S_2 upravo na mrežnicu.

Udubljene naočale. Da bi kratkovidni ljudi dobro vidjeli predmete iz daljine jasnoga vida, meću pred oči naočale od udubljenih staklenih leća. Zrake svjetlosti, što kroz takvu leću ulaze u oko, manje se lome prema osovini nego bez leće, pa sastavljaju oštru sliku nešto dalje: upravo na mrežnici (b).



Sl. 188. Dalekovidno oko (a) stvara oštru sliku S_1 iza mrežnice; sabirna leća (b) pomakne sliku S_2 upravo na mrežnicu.

Dalekovidne oči. Ima i takvih ljudi, kojima je očna osovina kraća nego obično. To su obično stariji ljudi, upalih očiju, a poznaješ ih po tome, što pri čitanju odmaknu knjigu daleko od očiju. Oni imaju dalekovidne oči. Slika predmeta pada im iza mrežnice (sl. 188., a).

Izbočene naočale. Da bi i dalekovidni ljudi mogli dobro čitati iz daljine jasnoga vida, meću pred oči naočale od izbočenih staklenih leća. Zrake se svjetlosti lome jače prema osovini, pa sastave oštru sliku nešto bliže: upravo na mrežnici (b).

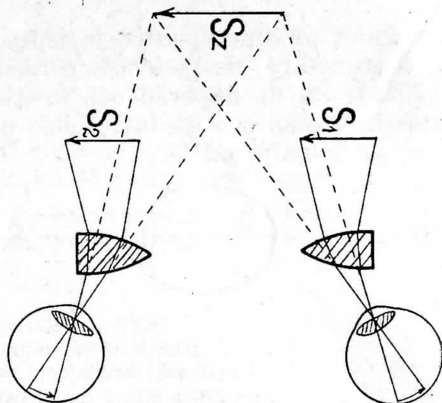
Naočale treba uzimati po savjetu liječnika.

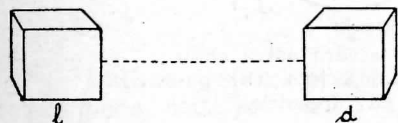
Vježbe. 1) Sabirnom lećom uhvati na zaslonu oštru sliku svijeće. Sad metni ispred leće još drugu: izbočenu, ili udubljenu. Zašto nije ostala oštra slika na zaslonu? Pomiči zaslonac, da iznova uhvatiš oštru sliku. Usporedi to s okom i naočalama.

Zašto imaš dva oka?

Prostorno gledanje. Metni blizu pred oči kakvu kutijicu, pa je promatraj naizmjenice desnim pa lijevim okom. Svakim okom vidiš nešto drukčije: desnim okom zahvaćaš više desnu stranu predmeta,

a lijevim lijevu (sl. 189.). Kada gledaš s o b a oka, stapaju se obje slike u jednu zajedničku. Predmet vidiš p r o s t o r n o, kao tijelo u sve tri protege (dimenzije).





Sl. 189. Istu kocku ispred sebe vidiš s a m o lijevim okom (l) drukčije nego s a m o desnim (d).

Sl. 190. Načelo stereoskopa. Dvije zasebne slike S_1 i S_2 stapaju se u stereoskopu u jednu zajedničku Sz.

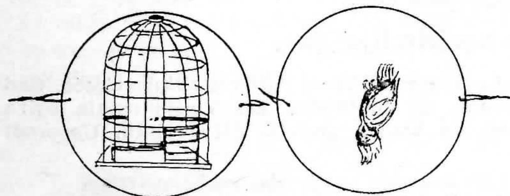
Stereoskop. Gledanje predmeta s dva oka p r o s t o r n o je (tjelesno, plastično) gledanje. A kad gledaš n a s l i k a n predmet, odmah vidiš, da je to p l o š n a t v o r e v i n a: u jednoj ravnini.

Da bi gledanje običnih slika izazvalo osjećaj prostornosti, promatraš posebno priređene slike na jednostavnu spravu, koja se zove s t e r e o s k o p (sl. 190.). Stereoskop se sastoji od dva posebna lećasta komada stakla, koji su jedan od drugoga razmaknuti, kao što su oči u glavi. Kroz stakla promatraš list, na kome su d v i j e fotografije istoga predmeta, svaka pred svojom lećom. Lijeva je fotografija nešto drukčija od desne, jer je već i predmet bio dvostruko snimljen fotografskim aparatom, na dvije razmaknute leće. — U stereoskopu se slike tih dviju fotografija slože u jednu, p r o s t o r n u v i đ e n u s l i k u.

Kinematograf

Stapanje vidnih utisaka. Pomiči brzo ugarkom u krugu ispred svojih očiju. Od užarenoga ugarka vidiš neprekinutu sjajnu crtu. Što znači ta pojava? Utisak slike na mrežnici oka potraje još jednu dvadesetinku sekunde, pošto su zrake svjetlosti prestale djelovati. Pomakne li se slika kroz to kratko vrijeme, stapaju se utisci u neprekinutu cjelinu.

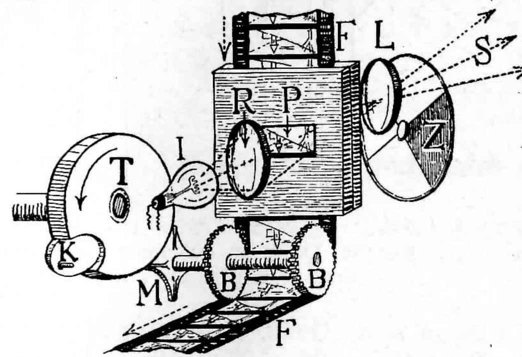
Na komadiću tvrdog papira nacrtaj na prednjoj strani krletku (kavez), a na stražnjoj pticu (sl. 191.). Pomoću konaca, što si ih privezao na krajeve, zavrti papir prstima: vidiš pticu u krletki.



Sl. 191. Na tvrdom papiru nacrtaj s j e d n e strane krletku, a s d r u g e pticu (obrnuto!). Zavrti pomoću konaca na krajevima. Što ćeš vidjeti?

Kino - kamera. Na svojstvu stapanja slikâ osniva se djelovanje kinematografa ili bioskopa.

Posebna fotografska kino-kamera snima najprije fotografskim putem predmete u pokretu, snimku za snimkom brzo jednu iza druge. Snimke, izrađene na filmskoj vrpci, bacaju isto tako brzo na »platno«, 12 do 20 slika na sekundu.



Sl. 192. Kino-projektor. I izvor rasvjete, R rasvjetna leća (kondenzor), FF filmska vrpca sa sličicama. Sličica, koja je upravo u prozorčiću P stvara pomoću objektiva L sliku S na platnu. U ovom času filmska vrpca miruje. Kad klinac K koluta T zapne za krak »malteškog križa« M, pokrenu se kolešca BB i pomaknu vrpcu za jednu sličicu dalje. U tom času neprozirni zaslon Z zastre objektiv L; zašto?

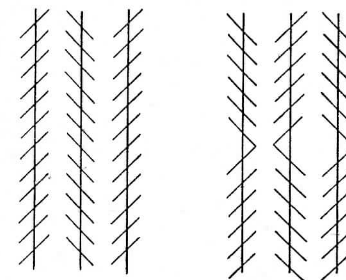
Kino-projektor (sl. 192.) građen je u načelu poput dijaskopa. Sličice s filmske vrpce (F) dolaze redom na »prozorčić« (P), koji se nalazi između uređaja za rasvjetu (I, R) i objektiva (L), koji daje uvećane slike (S). Vrpcu pomiču zupčasti kotači (BB), što zahvaćaju u izrezine s obje strane vrpce (»perforacija«). Vrpca se ne smije kretati neprekidno, nego p r e k i d i c e, na mahove; zašto? Da bi se to postiglo, učvršćen je na osi, koja nosi zupčaste kotače i posebni istokraki križić («malteški križ«, M). Uz križić okreće se glavni pokretni kolut (T) s klincem (K). Pri svakom okretaju zahvaća klinac jedan krak križića i okrene ga za četvrtinu okretaja. Križić pokreće zupčaste kotače, a ovi filmsku vrpcu. Do narednog zahvata klinca križić i vrpca miruju. Dok vrpca miruje, baca projektor sliku na platno. Dok se vrpca pomiče, t. j. dok se izmjenjuje sličica na prozorčiću, namakne se pred leću objektiva naročiti zaslonac (Z). Ploča sa zasloncem okreće se u skladu s prekidnim pomicanjem vrpce.

Optičke varke

Pri prosuđivanju veličine i daljine predmeta i odnosa jednoga predmeta prema drugome, često se varaš, ako sudiš s a m o o k o m.

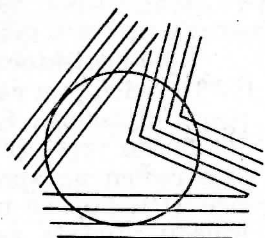


Sl. 193. Primjer optičke varke. Koja je od ovih dviju dužina, omeđenih strjelicama, duža: lijeva ili desna? Izmjeri ih!

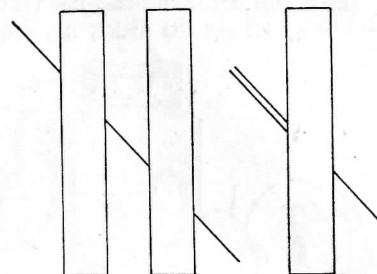


Sl. 194. U čemu se varaš ovdje? Jesu li prva tri pravca međusobno usporedna? Jesu li druge tri crte doista pravci?

Tako na primjer, crn ti se predmet čini manji od jednako velikog bijelog predmeta; četvorina vodoravno isprugana čini se viša, a uža,

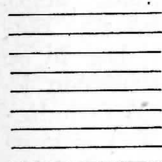


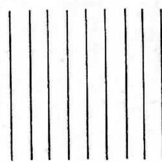
Sl. 195. Da li je ovaj krug doista okrugao?



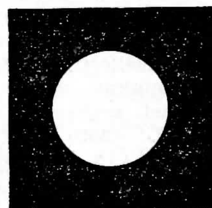
Sl. 196. Da li se ove kose crte produžuju u pravac, i koje?

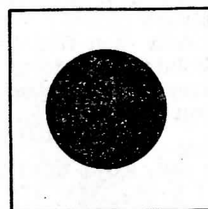
dok se osovno isprugana čini niža, a šira. Ovakve se pojave zovu **optičke varke** (sl. 193., 194., 195., 196., 197. i 198.). Uzroci su im različiti.





Sl. 197. Primjer optičke varke. Koji ti se od ovih dvaju iscrtkanih četverokuta čini viši, a koji širi?





Sl. 198. Koji ti se od ovih dvaju krugova čini veći, bijeli ili crni?

Tumač i podrijetlo tuđih riječi

(f. = francuski, g. = grčki, l. = latinski, t. = talijanski)

Aerostat: àér (g.) zrak, uzduh; statos (g.) koji se drži (u zraku)
akomodacija: accomodare (l.) prilagoditi
aneroid: a (g.) bez; neros (g.) smočen; bez tekućine
apsorpcija: absorbeo (l.) srčem
atmosfera: atmos (g.) para; sphaira (g.) lopta, kugla

Balon: ballon (f.) napuhnuta lopta
barometar: baros (g.) uteg, težina, metron (g.) mjera
bioskop: bios (g.) život; skopein (g.) motriti

Destilacija: distillare (l.); stilla (l.) kapljica; pretvarati paru u kapljice
difuzna svjetlost: diffundere (l.) širiti se, pretvarati, razlijegati
dijaskop: dia (g.) skroz; skopein (g.) motriti
din: dýnamis (g.) sila
disperzija :od dispergere (l.) raširiti, razbacati, rastaviti
džaul: po engleskom fizičaru Joule

Ekspanzija: expandere (l.) razviti, raširiti
episkop: epi (g.) na; skopein (g.) motriti
energija: en (g.) u; ergon (g.) rad; snaga
erg: ergon (g.) rad

Fata morgana: fata (t.) vila; Morgana — ime vile iz priče
faza: phasis (g.) stanje, izgled
fotografija: phós (g.) svjetlost; graphein (g.) pisati
fotometar: »svjetlomjer«

Higrometar: higrós (g.) mokar, vlažan

Kinetički: kinéo (g.) pokretati
kino: kinéo (g.) pokretati
kondenzacija: condenso (l.) zgušťavam
konkavan: concavus (l.) udubljene površine
konveksan: convexus (l.) izbočene površine

Luks :lux (l.) svjetlost

Manometar: manós (g.) rijedak; metron (g.) mjera
masa: massa (l.) tijesto, meka gruda
mehanika: mêkhané (g.) oruđe, stroj
mikroskop: mikrós (g.) sitan; skopein (g.) motriti, na što se gleda sitna stvar.

Ombrometar: ómbros (g.) kiša; kišomjer
optika: optoimai (g.) vidim

Periskop: peri (g.) naokolo; skopein (g.) motriti
perpetuum mobile: pepetuus (l.) postojan, vječan; mobilis (l.) pomičan
pneumatički: pneuma (g.) zrak u kretanju
projektor: projicere (l.) baciti

Recipijent: recipio(l.) primam
refleksija: reflectere (l.) odbiti, vratiti se drugim pravcem
refrakcija: refringere (l.) lomiti
refrigator: frigus (l.) studen, hladnoća

Sferno ogledalo: sphaira (g.) kugla, lopta
spektar: spěcere (l.) gledati; spectrum (l.) sablast, priviđenje

Tehnika: tekhne (g.) umijeće, primijenjena nauka
teleskop: téle (g.) daleko; skopein (g.) motriti
terestični durbin: od terra (l.) Zemlja.

CIJENA Kn 38.—

Ova se knjiga ne smije prodavati skuplje ni jeftinije od označene cijene.

538